

## II

(Akty o charakterze nieustawodawczym)

## AKTY PRZYJĘTE PRZEZ ORGANY UTWORZONE NA MOCY UMÓW MIĘDZYNARODOWYCH

Jedynie oryginalne teksty EKG ONZ mają skutek prawny w świetle międzynarodowego prawa publicznego. Status i datę wejścia w życie niniejszego regulaminu należy sprawdzać w najnowszej wersji dokumentu EKG ONZ dotyczącego statusu TRANS/WP.29/343, dostępnej pod adresem:

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>

### **Regulamin nr 96 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji silników z zapłonem samoczynnym (ZS) przeznaczonych do montażu w ciągnikach rolniczych i leśnych oraz w niedrogowych maszynach ruchomych w zakresie emisji zanieczyszczeń przez silnik**

Obejmujący wszystkie obowiązujące teksty, w tym:

Serię poprawek 04 – data wejścia w życie: 13 lutego 2014 r.

#### SPIS TREŚCI

1. Zakres
2. Definicje i skróty
3. Wystąpienie o homologację
4. Homologacja
5. Specyfikacja i badania
6. Montaż w pojeździe
7. Zgodność produkcji
8. Sankcje z tytułu niezgodności produkcji
9. Zmiany i rozszerzenie homologacji typu homologowanego
10. Ostateczne zaniechanie produkcji
11. Przepisy przejściowe
12. Nazwy i adresy placówek technicznych upoważnionych do przeprowadzania badań homologacyjnych oraz nazwy i adresy organów udzielających homologacji typu

#### ZAŁĄCZNIKI

- 1A Dokument informacyjny nr ... dotyczący homologacji typu i odnoszący się do środków przeciwdziałających emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych z silników spalinowych wewnętrznego spalania przeznaczonych do montażu w niedrogowych maszynach ruchomych
  - Dodatek 1 — Podstawowe właściwości silnika (macierzystego)
  - Dodatek 2 — Podstawowe właściwości rodziny silników
  - Dodatek 3 — Podstawowe właściwości typów silników w rodzinie
- 1B Właściwości rodziny silników i wybór silnika macierzystego
- 2 Zawiadomienie
  - Dodatek 1 — Wyniki badań
- 3 Rozmieszczenie znaków homologacji

- 4A Metoda oznaczania emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych
- Dodatek 1 — Procedury pomiaru i próbkowania (NRSC, NRTC)
  - Dodatek 2 — Procedura wzorcowania (NRSC, NRTC)
  - Dodatek 3 — Ocena danych i obliczenia
  - Dodatek 4 — Układ analityczny i próbkowania
- 4B Procedura badawcza dla silników z zapłonem samoczynnym przeznaczonych do montażu w ciągnikach rolniczych i leśnych oraz w niedrogowych maszynach ruchomych w zakresie emisji zanieczyszczeń przez silnik
- Dodatek A.1 (zastrzeżone)
  - Dodatek A.2 — Dane statystyczne
  - Dodatek A.3 — Międzynarodowy wzór na ciężkość z 1980 r.
  - Dodatek A.4 — Sprawdzenie przepływu węgla
  - Dodatek A.5 (zastrzeżone)
  - Dodatek A.6 (zastrzeżone)
  - Dodatek A.7 — Obliczenia emisji w oparciu o liczbę moli
  - Dodatek A.7.1 — Wzorcowanie przepływomierzy spalin rozcieńczonych (CVS)
  - Dodatek A.7.2 — Korekcja ze względu na pełzanie
  - Dodatek A.8 — Obliczenia emisji w oparciu o masę
  - Dodatek A.8.1 — Wzorcowanie przepływomierzy spalin rozcieńczonych (CVS)
  - Dodatek A.8.2 — Korekcja ze względu na pełzanie
- 5 Cykle badania
- 6 Właściwości techniczne paliwa wzorcowego przeznaczonego do badań homologacyjnych oraz sprawdzania zgodności produkcji
- 7 Wymagania dotyczące montażu urządzeń pomocniczych i wyposażenia
- 8 Wymagania dotyczące trwałości
- 9 Wymagania w zakresie zapewnienia prawidłowego działania systemu kontroli emisji NO<sub>x</sub>
- Dodatek 1 — Wymagania dotyczące demonstracji
  - Dodatek 2 — Opis mechanizmów włączania i wyłączania systemu ostrzegania operatora i systemu wymuszającego
  - Dodatek 3 — Demonstracja minimalnego dopuszczalnego stężenia reagentu CD<sub>min</sub>
- 10 Określanie poziomu emisji CO<sub>2</sub>
- Dodatek 1 — Określanie poziomu emisji CO<sub>2</sub> dla silników o zakresach mocy do P
  - Dodatek 2 — Określanie poziomu emisji CO<sub>2</sub> dla silników o zakresach mocy Q i R
1. ZAKRES
- Niniejszy regulamin stosuje się do emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych z silników z zapłonem samoczynnym:
- 1.1. stosowanych w pojazdach kategorii T<sup>(1)</sup> o zainstalowanej mocy netto większej niż 18 kW, ale nie większej niż 560 kW,
  - 1.2. stosowanych w niedrogowych maszynach ruchomych<sup>(1)</sup> o zainstalowanej mocy netto większej niż 18 kW, ale nie większej niż 560 kW, używanych ze zmienną prędkością,
  - 1.3. stosowanych w niedrogowych maszynach ruchomych<sup>(1)</sup> o zainstalowanej mocy netto większej niż 18 kW, ale nie większej niż 560 kW, używanych ze stałą prędkością.

<sup>(1)</sup> Jak określono w ujednoczonej rezolucji w sprawie budowy pojazdów (R.E.3) (ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2, pkt 2) - [www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html)

2. DEFINICJE I SKRÓTY
- 2.1. Na potrzeby niniejszego regulaminu:
- 2.1.1. „Współczynniki poprawkowe” oznaczają współczynniki addytywne (współczynnik poprawkowy w górę i współczynnik poprawkowy w dół) lub mnożnikowe uwzględniane przy regeneracji okresowej (nieczęstej);
- 2.1.2. „Cykl starzenia” oznacza działanie maszyny lub silnika (prędkość, obciążenie, moc), które ma zostać wykonane w okresie akumulacji godzin pracy;
- 2.1.3. „Obowiązujące wartości graniczne emisji” oznaczają wartości graniczne emisji obowiązujące dla danego silnika;
- 2.1.4. „Homologacja silnika” oznacza homologację typu silnika lub rodziny silników w odniesieniu do poziomu emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych z takiego silnika;
- 2.1.5. „Skraplanie w postaci roztworów wodnych” oznacza przechodzenie składników zawierających wodę ze stanu lotnego do stanu ciekłego. Skraplanie w postaci roztworów wodnych jest funkcją wilgotności, ciśnienia, temperatury i stężeń innych składników, takich jak kwas siarkowy. Parametry te zmieniają się w zależności od wilgotności powietrza wlotowego do silnika, wilgotności powietrza rozcieńczającego, stosunku powietrza do paliwa danego silnika oraz składu paliwa, w tym ilości wodoru i siarki w paliwie;
- 2.1.6. „Ciśnienie atmosferyczne” oznacza bezwzględne, statyczne ciśnienie atmosferyczne powietrza wilgotnego. Należy zauważyć, że w przypadku pomiaru ciśnienia atmosferycznego w kanale należy dopilnować, aby straty ciśnienia między atmosferą a miejscem pomiaru były pomijalne, oraz uwzględnić zmiany ciśnienia statycznego w kanale wynikające z przepływu;
- 2.1.7. „Wzorcowanie” oznacza proces ustalania odpowiedzi układu pomiarowego w taki sposób, aby jego dane wyjściowe były zgodne z zakresem sygnałów odniesienia. Porównać z „weryfikacją”;
- 2.1.8. „Gaz wzorcowy” oznacza oczyszczoną mieszaninę gazów stosowaną do wzorcowania analizatorów gazowych. Gazy wzorcowe muszą spełniać wymagania określone w pkt 9.5.1 załącznika 4B. Należy zauważyć, że gazy wzorcowe i gazy wzorcowe do ustawiania zakresu pomiarowego są jakościowo takie same, ale różnią się pod względem ich podstawowej funkcji. Poszczególne sprawdziany działania analizatorów gazowych i części służących do próbkowania mogą odnosić się do gazów wzorcowych lub do gazów wzorcowych do ustawiania zakresu pomiarowego;
- 2.1.9. „Silnik z zapłonem samoczynnym (ZS)” oznacza silnik, który pracuje na zasadzie zapłonu samoczynnego (np. silnik Diesla);
- 2.1.10. „Potwierdzone i aktywne DTC” oznacza diagnostyczne kody błędów (DTC) gromadzone w okresie, gdy układ NCD stwierdza wystąpienie awarii;
- 2.1.11. „Silnik o stałej prędkości obrotowej” oznacza silnik, którego homologacja typu lub certyfikacja są ograniczone do pracy ze stałą prędkością. Silniki, których funkcja regulacji stałej prędkości została usunięta lub wyłączona, nie są już silnikami o stałej prędkości;
- 2.1.12. „Praca ze stałą prędkością obrotową” oznacza pracę silnika z regulatorem, który automatycznie steruje zapotrzebowaniem operatora w celu utrzymania stałej prędkości obrotowej silnika nawet przy zmieniającym się obciążeniu. Regulator nie zawsze utrzymuje idealnie stałą prędkość. Z reguły prędkość może się zmniejszać o (0,1 do 10) procent w stosunku do prędkości dla obciążenia zerowego, tak że prędkość minimalna występuje w pobliżu punktu maksymalnej mocy silnika;
- 2.1.13. „Regeneracja ciągła” oznacza proces regeneracji układu oczyszczania spalin, który zachodzi w sposób stały lub przynajmniej raz na odpowiedni cykl niestacjonarny lub cykl badania ze zmianami jednostajnymi między fazami; w odróżnieniu od okresowej (nieczęstej) regeneracji;
- 2.1.14. „Sprawność konwersji separatora węglowodorów niemietanowych (NMC) E” oznacza sprawność konwersji NMC stosowanego do usuwania węglowodorów niemietanowych z próbki gazu poprzez utlenienie wszystkich węglowodorów z wyjątkiem metanu. W warunkach idealnych konwersja metanu wynosi 0 % ( $E_{CH_4} = 0$ ), natomiast konwersja innych węglowodorów reprezentowanych przez etan wynosi 100 % ( $E_{C_2H_6} = 100$  %). Aby pomiar NMHC był dokładny, wyznacza się dwa poziomy sprawności i wykorzystuje do obliczania masowego natężenia przepływu emisji NMHC dla metanu i etanu. Porównać ze „współczynnikiem przenikania”;
- 2.1.15. „Podstawowe części związane z emisją zanieczyszczeń” oznaczają części zaprojektowane głównie do celów kontroli emisji, tj. każdy układ oczyszczania spalin, elektroniczną jednostkę sterującą silnika (ECU) oraz jego powiązane czujniki i siłowniki oraz układ EGR, w tym wszystkie odpowiednie filtry, chłodnice, zawory sterujące i przewody rurowe;

- 2.1.16. „Podstawowa konserwacja związana z emisją zanieczyszczeń” oznacza obsługę techniczną podstawowych części związanych z emisją zanieczyszczeń;
- 2.1.17. „Opóźnienie” oznacza różnicę czasu między zmianą składnika do pomiaru w punkcie odniesienia a odpowiedzią układu wynoszącą 10 % odczytu końcowego ( $t_{10}$ ), przy czym sonda próbkująca pełni rolę punktu odniesienia. Dla składników gazowych jest to czas przeniesienia mierzonego składnika z sondy pobierającej próbkę do czujnika (zob. rysunek 3.1);
- 2.1.18. „Układ deNO<sub>x</sub>” oznacza układ oczyszczania spalin zaprojektowany w celu zmniejszenia emisji tlenków azotu (NO<sub>x</sub>) (np. aktywne i pasywne katalizatory NO<sub>x</sub> z mieszanek ubogiej, absorbenty NO<sub>x</sub> oraz układy selektywnej redukcji katalitycznej (SCR));
- 2.1.19. „Punkt rosy” oznacza miarę wilgotności wyrażoną jako temperatura równowagi, w której woda skrapla się przy danej wartości ciśnienia z wilgotnego powietrza o określonej wilgotności bezwzględnej. Punkt rosy określa się jako temperaturę w °C lub K i jest on ważny tylko dla danego ciśnienia, przy którym jest mierzony;
- 2.1.20. „Diagnostyczny kod błędu (DTC)” oznacza numeryczny lub alfanumeryczny kod identyfikacyjny, który identyfikuje awarię kontroli emisji NO<sub>x</sub> lub jest do niej przypisywany;
- 2.1.21. „Badanie z fazami dyskretnymi” to badanie stacjonarne, w którym stosowane są fazy dyskretne, jak opisano w pkt 7.4.1.1 załącznika 4B i w załączniku 5;
- 2.1.22. „Pełzanie” oznacza różnicę między zerem lub sygnałem wzorcowym a odpowiednią wartością podawaną przez przyrząd pomiarowy bezpośrednio po jego użyciu w badaniu emisji, pod warunkiem że przyrząd był wyzerowany i ustawiono jego zakres pomiarowy bezpośrednio przed badaniem;
- 2.1.23. „Elektroniczna jednostka sterująca” oznacza urządzenie elektroniczne silnika, które wykorzystuje dane z czujników silnika do sterowania jego parametrami;
- 2.1.24. „System kontroli emisji” oznacza dowolne urządzenie, układ lub element konstrukcji, który kontroluje lub zmniejsza emisje silnikowe zanieczyszczeń objętych przepisami;
- 2.1.25. „Strategia kontroli emisji” oznacza połączenie systemu kontroli emisji z jedną podstawową strategią kontroli emisji i z jednym zestawem strategii pomocniczych kontroli emisji, wbudowane w ogólną konstrukcję silnika lub niedrogowej maszyny ruchomej, w której zamontowany jest silnik;
- 2.1.26. „Okres trwałości emisji” oznacza liczbę godzin wskazaną w załączniku 8, wykorzystywaną do ustalenia współczynników pogorszenia jakości;
- 2.1.27. „Konserwacja związana z emisją zanieczyszczeń” oznacza obsługę techniczną mającą zasadniczy wpływ na emisję zanieczyszczeń lub mogącą wpływać na pogorszenie jakości w odniesieniu do emisji zanieczyszczeń przez pojazd lub silnik podczas normalnej eksploatacji;
- 2.1.28. „Rodzina silników ze względu na układ oczyszczania spalin” oznacza ustaloną przez producenta grupę silników zgodnych z definicją rodziny silników, które dodatkowo pogrupowano w rodzinę rodzin silników wyposażonych w podobny układ oczyszczania spalin;
- 2.1.29. „Rodzina silników” oznacza wydzieloną przez producenta grupę silników, które ze względu na swoją budowę powinny mieć podobne właściwości w zakresie emisji gazów spalinowych i spełniać wymagania pkt 7 niniejszego regulaminu;
- 2.1.30. „Prędkość regulowana przez silnik” oznacza prędkość obrotową pracy silnika kontrolowaną przez zamontowany regulator;
- 2.1.31. „Układ silnika” oznacza silnik, system kontroli emisji oraz interfejs komunikacyjny (sprzęt i komunikaty) między elektronicznymi jednostkami sterującymi układu silnika (ECU) a mechanizmem napędowym lub jednostką sterowania pojazdu;
- 2.1.32. „Typ silnika” oznacza kategorię silników, które nie różnią się między sobą w odniesieniu do podstawowych cech charakterystycznych określonych w pkt 1-4 dodatku 3 do załącznika 1A do niniejszego regulaminu;
- 2.1.33. „Układ oczyszczania spalin” oznacza reaktor katalityczny, filtr cząstek stałych, układ deNO<sub>x</sub>, dwufunkcyjny filtr cząstek stałych deNO<sub>x</sub> lub jakiegokolwiek inne urządzenie redukcji emisji zainstalowane za silnikiem. Definicja ta nie obejmuje układu recyrkulacji gazów spalinowych (EGR) i turbosprężarek, które uznaje się za integralną część silnika;

- 2.1.34. „Układ recyrkulacji gazów spalinowych” oznacza technologię, która zmniejsza emisję poprzez przekierowanie spalin wyrzucanych z komór lub komór spalania z powrotem do silnika w celu zmieszania z powietrzem dolotowym przed spalaniem lub w czasie spalania. Na potrzeby niniejszego regulaminu ustawienie rozrządu zaworowego mające na celu zwiększenie ilości resztkowych gazów spalinowych w komorze lub komorach spalania, które są mieszane z powietrzem dolotowym przed spalaniem lub w jego trakcie, nie jest uznawane za układ recyrkulacji gazów spalinowych;
- 2.1.35. „Metoda rozcieńczania przepływu całkowitego” oznacza proces mieszania całkowitego przepływu spalin z powietrzem rozcieńczającym, zanim część strumienia rozcieńczonych spalin zostanie oddzielona w celu przeprowadzenia analiz;
- 2.1.36. „Zanieczyszczenia gazowe” oznaczają tlenek węgla, węglowodory (przy założeniu stosunku  $C_1H_{1,85}$ ) i tlenki azotu, te ostatnie wyrażone jako równoważnik dwutlenku azotu ( $NO_2$ );
- 2.1.37. „Właściwa ocena techniczna” oznacza decyzje podejmowane w sposób zgodny z ogólnie przyjętymi zasadami naukowymi i technicznymi oraz dostępnymi istotnymi informacjami;
- 2.1.38. „Filtr HEPA” oznacza wysokosprawne filtry cząstek stałych, które są wzorcowane w celu osiągnięcia minimalnej początkowej sprawności usuwania cząstek wynoszącej 99,97 % na podstawie normy ASTM F 1471–93 lub równoważnej;
- 2.1.39. „Węglowodór (HC)” oznacza odpowiednio THC lub NMHC. Węglowodór oznacza zasadniczo grupę węglowodorów, na której opierają się normy emisji dla każdego rodzaju paliwa i typu silnika;
- 2.1.40. „Prędkość obrotowa wysoka ( $n_{hi}$ )” oznacza największą prędkość obrotową silnika, przy której występuje 70 % mocy znamionowej (załącznik 4A) lub mocy maksymalnej (załącznik 4B);
- 2.1.41. „Prędkość biegu jałowego” oznacza najmniejszą prędkość obrotową silnika przy obciążeniu minimalnym (większym lub równym obciążeniu zerowemu) sterowaną przez funkcję regulatora silnika. W przypadku silników bez funkcji regulatora, który steruje prędkością biegu jałowego, prędkość biegu jałowego oznacza podaną przez producenta najmniejszą wartość prędkości obrotowej silnika możliwą przy obciążeniu minimalnym. Należy zauważyć, że prędkość biegu jałowego dla gorącego silnika to prędkość biegu jałowego osiągnięta dla rozgrzanego silnika;
- 2.1.42. „Prędkość obrotowa pośrednia” oznacza prędkość obrotową silnika, która spełnia jedno z poniższych wymagań:
- a) w przypadku silników zaprojektowanych do pracy w danym zakresie prędkości na krzywej momentu z pełnym obciążeniem pośrednia prędkość obrotowa to zadeklarowana prędkość obrotowa momentu maksymalnego, jeżeli mieści się w zakresie od 60 do 75 % prędkości znamionowej;
  - b) jeżeli zadeklarowana prędkość obrotowa momentu maksymalnego wynosi mniej niż 60 % prędkości znamionowej, to pośrednia prędkość obrotowa wynosi 60 % prędkości znamionowej;
  - c) jeżeli zadeklarowana prędkość obrotowa momentu maksymalnego wynosi więcej niż 75 % prędkości znamionowej, to pośrednia prędkość obrotowa wynosi 75 % prędkości znamionowej;
- 2.1.43. „Liniowość” oznacza stopień, w jakim zmierzone wartości są zgodne z odpowiednimi wartościami odniesienia. Liniowość kwantyfikuje się za pomocą regresji liniowej par wartości zmierzonych i wartości odniesienia w zakresie wartości oczekiwanych lub odnotowanych podczas badań;
- 2.1.44. „Prędkość obrotowa niska ( $n_{lo}$ )” oznacza najmniejszą prędkość obrotową silnika, przy której występuje 50 % mocy znamionowej (załącznik 4A) lub mocy maksymalnej (załącznik 4B);
- 2.1.45. „Moc maksymalna ( $P_{max}$ )” oznacza moc maksymalną w kW zgodnie z projektem producenta;
- 2.1.46. „Prędkość obrotowa momentu maksymalnego” oznacza prędkość obrotową, przy której silnik osiąga maksymalny moment obrotowy, zgodnie ze wskazaniami producenta;
- 2.1.47. „Średnia danej wielkości” w oparciu o wartości średnie ważone pod względem przepływu oznacza średnią wartość danej wielkości po zważeniu proporcjonalnie do odpowiedniego natężenia przepływu;
- 2.1.48. „Rodzina silników NCD” oznacza grupę układów silnikowych utworzoną przez producenta, w których stosowane są te same metody monitorowania/diagnozowania NCM.
- 2.1.49. „Moc netto” oznacza moc w „kW EKG” uzyskaną na stanowisku pomiarowym na końcu wału korbowego lub jego odpowiednika, mierzoną zgodnie z metodą opisaną w regulaminie nr 120 dotyczącym pomiaru mocy netto, momentu obrotowego netto oraz jednostkowego zużycia paliw w odniesieniu do silników spalinowych stosowanych w ciągnikach rolniczych i leśnych oraz w niedrogowych maszynach ruchomych;

- 2.1.50. „Konserwacja niezwiązana z emisją zanieczyszczeń” oznacza obsługę techniczną niemającą zasadniczego wpływu na emisję zanieczyszczeń ani niemającą trwałego wpływu na pogorszenie jakości w odniesieniu do emisji zanieczyszczeń przez maszynę lub silnik podczas normalnej eksploatacji po wykonaniu obsługi technicznej;
- 2.1.51. „Węglowodory niemetanowe (NMCH)” oznaczają sumę wszystkich rodzajów węglowodorów oprócz metanu;
- 2.1.52. „Układ diagnostyki kontroli emisji NO<sub>x</sub> (NCD)” oznacza układ stanowiący element silnika, który ma możliwość:
- wykrywania awarii kontroli emisji NO<sub>x</sub>;
  - identyfikowania prawdopodobnej przyczyny wystąpienia awarii kontroli emisji NO<sub>x</sub> za pomocą informacji przechowywanych w pamięci komputera lub przekazywania ich na zewnątrz;
- 2.1.53. „Awaria kontroli emisji NO<sub>x</sub> (NCM)” oznacza próbę ingerencji osób niepowołanych w system kontroli emisji NO<sub>x</sub> silnika lub awarię mającą wpływ na ten układ, która może być skutkiem ingerencji, i która gdy zostanie wykryta, zgodnie z niniejszym regulaminem wymaga aktywacji systemu ostrzegania operatora i systemu wymuszającego;
- 2.1.54. „Emisje z otwartej skrzyni korbowej” oznaczają wszelkie przepływy ze skrzyni korbowej silnika, które są emitowane bezpośrednio do środowiska;
- 2.1.55. „Zapotrzebowanie operatora” oznacza sygnał wejściowy zadany przez operatora w celu sterowania mocą wyjściową silnika. „Operatorem” może być człowiek (tj. sterowanie ręczne) lub regulator (tj. sterowanie automatyczne), który mechanicznie lub elektronicznie wprowadza sygnał wejściowy wyznaczający moc wyjściową silnika. Sygnał wejściowy może być wzbudzany za pomocą pedału lub sygnału przyspieszenia, dźwigni lub sygnału regulacji przepustnicy, dźwigni lub sygnału regulacji przepływu paliwa, dźwigni lub sygnału zmiany prędkości obrotowej, lub ustawienia bądź sygnału regulatora;
- 2.1.56. „Tlenki azotu” oznaczają związki składające się tylko z azotu i tlenu, mierzone zgodnie z procedurami określonymi w niniejszym regulaminie. Tlenki azotu wyraża się ilościowo, tak jakby NO występował w postaci NO<sub>2</sub>, tak że efektywna masa molowa stosowana do wszystkich tlenków azotu jest równoważna masie NO<sub>2</sub>;
- 2.1.57. „Silnik macierzysty” oznacza silnik wybrany z rodziny silników w taki sposób, że jego właściwości w zakresie emisji zanieczyszczeń są właściwościami reprezentatywnymi dla tej rodziny silników i spełnia on wymagania określone w załączniku 1B do niniejszego regulaminu;
- 2.1.58. „Ciśnienie cząstkowe” oznacza ciśnienie p odpowiadające pojedynczemu gazowi w mieszaninie gazowej. W przypadku gazu doskonałego ciśnienie cząstkowe podzielone przez ciśnienie całkowite równa się stężeniu molowemu x danego składnika;
- 2.1.59. „Urządzenie do oddzielania cząstek stałych” oznacza układ oczyszczania spalin z cząstek stałych zaprojektowany w celu zmniejszenia emisji cząstek stałych (PM) poprzez ich oddzielenie mechaniczne, aerodynamiczne, dyfuzyjne lub inercyjne;
- 2.1.60. „Metoda rozcieńczania przepływu częściowego” oznacza proces oddzielania części strumienia spalin i mieszania jej z odpowiednią ilością powietrza rozcieńczającego, a następnie doprowadzenia do filtra do pobierania próbek cząstek stałych;
- 2.1.61. „Cząstki stałe (PM)” oznaczają wszelki materiał nagromadzony na określonym środku filtrującym po rozcieńczeniu spalin wydzielanych przez silnik z zapłonem samoczynnym za pomocą czystego, przefiltrowanego powietrza tak, aby ich temperatura nie przekraczała 325 K (52 °C);
- 2.1.62. „Współczynnik przenikania PF” oznacza odchylenie od idealnego działania separatora węglowodorów niemetanowych (zob. sprawność konwersji separatora węglowodorów niemetanowych (NMC) E). Idealny separator węglowodorów niemetanowych miałby współczynnik przenikania metanu PF<sub>CH<sub>4</sub></sub> wynoszący 1,000 (to znaczy sprawność konwersji metanu E<sub>CH<sub>4</sub></sub> wynoszącą 0), a współczynnik przenikania dla wszystkich pozostałych węglowodorów reprezentowany przez PF<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></sub> wynosiłby 0,000 (to znaczy sprawność konwersji etanu E<sub>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></sub> wynosiłaby 1). Zależność jest następująca:
- $$PF_{CH_4} = 1 - E_{CH_4} \text{ oraz } PF_{C_2H_6} = 1 - E_{C_2H_6};$$
- 2.1.63. „Obciążenie procentowe” oznacza ułamek maksymalnego dostępnego momentu obrotowego przy danej prędkości obrotowej silnika;
- 2.1.64. „Regeneracja okresowa (nieczęsta)” oznacza proces regeneracji układu oczyszczania spalin, który zachodzi regularnie, zazwyczaj co najmniej raz na 100 godzin normalnej pracy silnika. Podczas cyklu, w którym ma miejsce regeneracja, wartości graniczne emisji mogą być przekroczone;

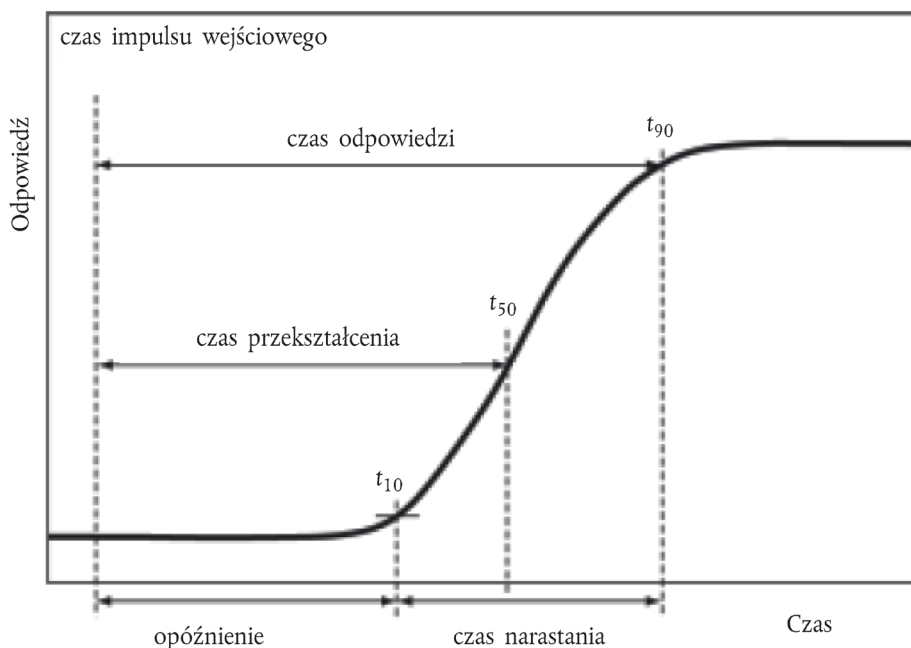
- 2.1.65. „Wprowadzenie do obrotu” oznacza działanie polegające na udostępnianiu produktu objętego niniejszym regulaminem na rynku państwa stosującego niniejszy regulamin, odpłatnie lub bezpłatnie, z zamiarem dystrybucji lub użytkowania w danym państwie;
- 2.1.66. „Sonda” oznacza pierwszy odcinek linii przesyłowej, która przenosi próbkę do następnej części układu próbkowania;
- 2.1.67. „PTFE” oznacza politetrafluoroetylen, potocznie znany jako Teflon™;
- 2.1.68. „Cykl stacjonarny ze zmianami jednostajnymi między fazami” oznacza cykl badania obejmujący ciąg faz badania pracy silnika w stanach ustalonych przy prędkości obrotowej i momencie obrotowym określonych dla każdej fazy oraz zachowaniu jednostajnych zmian prędkości obrotowej i momentu obrotowego pomiędzy kolejnymi fazami;
- 2.1.69. „Prędkość znamionowa” oznacza maksymalną prędkość silnika przy pełnym obciążeniu, na jaką zezwala regulator obrotów zgodnie z projektem producenta, lub, jeżeli taki regulator nie występuje, prędkość, przy której silnik wytwarza maksymalną moc, zgodnie z projektem producenta;
- 2.1.70. „Reagent” oznacza każdy ulegający zużyciu lub nienadający się do powtórnego użycia czynnik, który jest wymagany i stosowany do skutecznego działania układu oczyszczania spalin;
- 2.1.71. „Regeneracja” oznacza zdarzenie, w czasie którego zmieniają się poziomy emisji, podczas gdy sprawność układu oczyszczania jest przywracana do stanu pierwotnego zgodnie z założeniami. Mogą występować dwa rodzaje regeneracji: regeneracja ciągła (zob. pkt 6.6.1 załącznika 4B) i regeneracja nieczęsta (okresowa) (zob. pkt 6.6.2 załącznika 4B);
- 2.1.72. „Czas odpowiedzi” oznacza różnicę w czasie między zmianą składnika mierzonego w punkcie odniesienia a odpowiedzią układu wynoszącą 90 % odczytu końcowego ( $t_{90}$ ), przy czym punktem odniesienia jest sonda do próbkowania, a zmiana mierzonego składnika wynosi przynajmniej 60 % pełnej skali (FS), zaś urządzenie do przełączania gazu wykonuje przełączenie gazu w czasie krótszym niż 0,1 sekundy. Czas odpowiedzi układu obejmuje opóźnienie układowe oraz czas narastania układu;
- 2.1.73. „Czas narastania” oznacza czas między odpowiedzią równą 10 % a 90 % odczytu końcowego ( $t_{90} - t_{10}$ );
- 2.1.74. „Narzędzie skanujące” oznacza zewnętrzne urządzenie badawcze używane do komunikacji z zewnątrz z układem NCD;
- 2.1.75. „Plan akumulacji godzin pracy” oznacza cykl starzenia i okres akumulacji godzin pracy na potrzeby ustalania współczynników pogorszenia jakości dla rodziny silników ze względu na układ oczyszczania spalin;
- 2.1.76. „Wspólny miernik ciśnienia atmosferycznego” oznacza miernik ciśnienia atmosferycznego, którego dane wyjściowe są przyjmowane jako ciśnienie atmosferyczne dla całego obiektu badawczego, w którym znajduje się więcej niż jedna hamownia silników;
- 2.1.77. „Wspólny pomiar wilgotności” oznacza pomiar wilgotności, który jest przyjmowany jako wilgotność dla całego obiektu badawczego, w którym znajduje się więcej niż jedna hamownia silników;
- 2.1.78. „Ustawianie zakresu pomiarowego” oznacza taką regulację przyrządu, aby uzyskać właściwą odpowiedź na wzorzec odpowiadający od 75 do 100 % maksymalnej wartości zakresu przyrządu lub przewidywanego zakresu stosowania;
- 2.1.79. „Gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego” oznacza oczyszczoną mieszaninę gazów stosowaną do ustawiania zakresu analizatorów gazowych. Gazy wzorcowe do ustawiania zakresu pomiarowego muszą spełniać wymagania określone w pkt 9.5.1. Należy zauważyć, że gazy wzorcowe i gazy wzorcowe do ustawiania zakresu pomiarowego są jakościowo takie same, ale różnią się pod względem ich podstawowej funkcji. Poszczególne sprawdziany działania analizatorów gazowych i części służących do próbkowania mogą odnosić się do gazów wzorcowych lub do gazów wzorcowych do ustawiania zakresu pomiarowego;
- 2.1.80. „Emisje jednostkowe” oznaczają emisje masowe określone w g/kWh;
- 2.1.81. „Autonomiczny” to określenie oznaczające brak zależności;
- 2.1.82. „Stacjonarny” to określenie dotyczące badań emisji w stanach ustalonych, gdzie prędkość obrotowa silnika i obciążenie utrzymywane są w skończonym zakresie nominalnie stałych wartości. Badania stacjonarne to albo badania z fazami dyskretnymi, albo ze zmianami jednostajnymi między fazami;
- 2.1.83. „Stechiometryczny” oznacza taki stosunek powietrza do paliwa, że gdyby paliwo zostało w pełni utlenione, całe paliwo lub tlen zostałyby zużyte;

- 2.1.84. „Zasobnik” oznacza filtr cząstek stałych, worek do próbkowania lub inne zbiorniki do przechowywania okresowo pobieranych próbek;
- 2.1.85. „Cykl badania (lub pracy)” oznacza ciąg punktów badawczych o określonej prędkości obrotowej i momencie obrotowym, w których badany jest silnik w ustalonych lub w nieustalonych stanach eksploatacji. Cykle pracy zostały określone w załączniku 5. Pojedynczy cykl pracy może się składać z kilku przedziałów czasowych badania;
- 2.1.86. „Przedział czasowy badania” oznacza przedział czasu, w którym określa się emisje jednostkowe. W przypadkach gdy w danym cyklu pracy występują wielokrotne przedziały czasowe badania, regulamin może określać dodatkowe obliczenia służące do ważenia i łączenia wyników w celu uzyskania wartości złożonych do porównania z obowiązującymi wartościami granicznymi emisji;
- 2.1.87. „Tolerancja” oznacza przedział, w którym znajduje się 95 % zbioru zapisanych wartości danej wielkości, a pozostałe 5 % zapisanych wartości odbiega od przedziału tolerancji. Określoną częstość zapisu i przedziały czasowe wykorzystuje się do ustalenia, czy dana wielkość mieści się w odpowiedniej tolerancji;
- 2.1.88. „Całkowita zawartość węglowodorów (THC)” oznacza połączoną masę związków organicznych mierzoną za pomocą określonej procedury pomiaru całkowitej zawartości węglowodorów, wyrażoną jako węglowódor o stosunku masowym wodoru do węgla równym 1,85:1;
- 2.1.89. „Czas przekształcenia” oznacza różnicę w czasie między zmianą mierzonego składnika w punkcie odniesienia a odpowiedzią układu wynoszącą 50 % odczytu końcowego ( $t_{50}$ ), przy czym punktem odniesienia jest sonda próbkująca. Czas przekształcenia stosowany jest do zestrzajania sygnałów różnych przyrządów pomiarowych. Zob. wykres 3.1;
- 2.1.90. „Cykl niestacjonarny” oznacza cykl badania z sekwencją znormalizowanych wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego, które zmieniają się stosunkowo szybko w czasie (NRTC);
- 2.1.91. „Homologacja typu” oznacza homologację typu silnika w zakresie jego emisji zmierzonych zgodnie z procedurami określonymi w niniejszym regulaminie;
- 2.1.92. „Aktualizacja-zapis” oznacza częstotliwość, z jaką analizator dostarcza nowych bieżących wartości;
- 2.1.93. „Trwałość użyteczna” oznacza odpowiednią długość przebiegu lub okres, w którym musi zostać zapewniona zgodność z odnośnymi wartościami granicznymi emisji gazów i cząstek stałych;
- 2.1.94. „Silnik o zmiennej prędkości obrotowej” oznacza silnik, który nie jest silnikiem o stałej prędkości obrotowej;
- 2.1.95. „Weryfikacja” oznacza ocenę, czy wyniki układu pomiarowego są zgodne z zakresem zastosowanych sygnałów odniesienia w granicach co najmniej jednego ustalonego wcześniej progu akceptacji. Porównać z „wzorcowaniem”;
- 2.1.96. „Do zera” oznacza wyregulowanie przyrządu, tak aby uzyskać odpowiedź zerową na wzorzec zerowy, taki jak oczyszczony azot lub oczyszczone powietrze, do celów pomiarów stężeń składników emisji;
- 2.1.97. „Gaz zerowy” oznacza gaz, który daje odpowiedź zerową w analizatorze. Może to być oczyszczony azot, oczyszczone powietrze, połączenie oczyszczonego powietrza i oczyszczonego azotu.



Rysunek 1

Definicje odpowiedzi układu: opóźnienie (pkt 2.1.17), czas odpowiedzi (pkt 2.1.72), czas narastania (pkt 2.1.73) i czas przekształcenia (pkt 2.1.89)



## 2.2. Symbole i skróty

### 2.2.1. Symbole

Symbole zostały wyjaśnione odpowiednio w pkt 1.4 załącznika 4A i w pkt 3.2 załącznika 4B.

### 2.2.2. Symbole i skróty składników chemicznych

Ar: Argon

C<sub>1</sub>: Równoważnik węglowy 1 dla węglowodoru

CH<sub>4</sub>: Metan

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>: Etan

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>: Propan

CO: Tlenek węgla

CO<sub>2</sub>: Dwutlenek węgla

DOP: Dioktyloftalan

H: Wodór atomowy

H<sub>2</sub>: Wodór cząsteczkowy

HC: Węglowodór

H<sub>2</sub>O: Woda

He: Hel

N<sub>2</sub>: Azot cząsteczkowy

NMHC: Węglowodory niemetanowe

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

NO: Tlenek azotu

NO<sub>2</sub>: Dwutlenek azotu  
O<sub>2</sub>: Tlen  
PM: Cząstki stałe  
PTFE: Politetrafluoroetylen  
S: Siarka  
THC: Całkowita zawartość węglowodorów

### 2.2.3. Skróty

ASTM: Amerykańskie Towarzystwo ds. Badań i Materiałów  
BMD: Minirozcieńczacz workowy  
BSFC: Jednostkowe zużycie paliwa  
CFV: Zwęzka Venturiego o przepływie krytycznym  
CI: Zapłon samoczynny (ZS)  
CLD: Detektor chemiluminescencyjny  
CVS: Próbnik stałej objętości  
DeNO<sub>x</sub>: Układ oczyszczania NO<sub>x</sub>  
DF: Współczynnik pogorszenia  
ECM: Elektroniczny moduł sterujący  
EFC: Elektroniczna kontrola przepływu  
EGR: Recyrkulacja gazów spalinowych  
FID: Detektor płomieniowo-jonizacyjny  
GC: Chromatograf gazowy  
HCLD: Ogrzewany detektor chemiluminescencyjny  
HFID: Ogrzewany detektor płomieniowo-jonizacyjny  
IBP: Początkowa temperatura wrzenia  
ISO: Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna  
LPG: Skroplony gaz ropopochodny  
NDIR: (Analizator) typu niedispersyjnego działający na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego  
NDUV: (Analizator) typu niedispersyjnego działający na zasadzie pochłaniania promieniowania nadfioletowego  
NIST: Amerykański Narodowy Instytut ds. Norm i Technologii  
NMC: Separator węglowodorów niemietanowych  
PDP: Pompa waporowa  
%FS: Procent pełnej skali  
PFD: Rozcieńczanie przepływu częściowego  
PFS: Układ rozcieńczania przepływu częściowego  
PTFE: Politetrafluoroetylen, potocznie znany jako Teflon™  
RMC: Cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami  
RMS: Średnia kwadratowa  
RTD: Rezystancyjny czujnik temperatury  
SAE: Stowarzyszenie Inżynierów Motoryzacyjnych  
SSV: Zwęzka Venturiego o przepływie poddźwiękowym

UCL: Górna granica ufności

UFM: Przepływomierz ultradźwiękowy

### 3. WYSTĄPIENIE O HOMOLOGACJĘ

#### 3.1. Wniosek o homologację silnika jako oddzielnego zespołu technicznego

3.1.1. O udzielenie homologacji silnika lub rodziny silników w zakresie poziomu emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych występuje producent silnika lub jego należycie upoważniony przedstawiciel.

3.1.2. Do wniosku należy dołączyć trzy egzemplarze każdego z niżej wymienionych dokumentów oraz następujące dane:

Opis typu silnika lub rodziny silników obejmujący dane, o których mowa w załączniku 1A do niniejszego regulaminu, oraz, w stosownych przypadkach, dane dotyczące rodziny silników, o których mowa w załączniku 1B do niniejszego regulaminu.

3.1.3. Placówkom technicznym upoważnionym do przeprowadzania badań homologacyjnych określonych w pkt 5 należy dostarczyć silnik zgodny z właściwościami typu silnika opisanymi w załączniku 1A. Jeżeli placówka techniczna uzna, że przedłożony silnik nie w pełni reprezentuje rodzinę silników opisaną w dodatku 2 do załącznika 1A, do badań należy dostarczyć inny silnik oraz, w razie potrzeby, dodatkowy silnik, zgodnie z pkt 5.

### 4. HOMOLOGACJA

4.1. Jeżeli silnik dostarczony do homologacji na podstawie pkt 3.1 niniejszego regulaminu spełnia wymagania pkt 5.2 poniżej, to należy udzielić homologacji tego typu silnika lub tej rodziny silników.

4.2. Każdemu homologowanemu typowi lub rodzinie należy nadać numer homologacji. Dwie pierwsze jego cyfry wskazują numer serii poprawek obejmujących ostatnie główne zmiany dostosowujące regulamin do postępu technicznego przed datą udzielenia homologacji. Żadna Umawiająca się Strona Porozumienia nie może nadać tego samego numeru innemu typowi silnika lub rodzinie silników.

4.3. Zawiadomienie o udzieleniu, rozszerzeniu lub odmowie homologacji typu silnika lub rodziny silników na podstawie niniejszego regulaminu należy przesłać Stronom Porozumienia z 1958 r. stosującym niniejszy regulamin na formularzu zgodnym ze wzorem zamieszczonym w załączniku 2. Należy także przedstawić wartości pomiarów uzyskane podczas badania typu.

4.4. Na każdym silniku zgodnym z typem silnika lub rodziną silników homologowanymi zgodnie z niniejszym regulaminem, w widocznym i łatwo dostępnym miejscu, umieszcza się międzynarodowy znak homologacji zawierający:

4.4.1. okrąg otaczający literę „E”, po której następuje numer wyróżniający państwo udzielające homologacji <sup>(1)</sup>;

4.4.2. numer niniejszego regulaminu, literę „R”, myślnik i numer homologacji umieszczone z prawej strony okręgu opisanego w punkcie 4.4.1;

4.4.3. dodatkowy symbol składający się z dwóch liter, z których pierwsza musi być literą od D do R oznaczającą poziom emisji (pkt 5.2.1), zgodnie z którym silnik lub rodzina silników otrzymały homologację, a druga musi być literą A, jeżeli rodzina silników została certyfikowana jako rodzina silników o zmiennej prędkości obrotowej, albo literą B, jeżeli rodzina silników została certyfikowana jako rodzina silników o stałej prędkości obrotowej.

4.5. Jeżeli silnik jest zgodny z typem lub rodziną silników homologowanymi zgodnie z jednym lub większą liczbą regulaminów stanowiących załączniki do Porozumienia w kraju, który udzielił homologacji na podstawie niniejszego regulaminu, opisany symbol nie musi być powtarzany. W takim przypadku numery regulaminów i homologacji oraz dodatkowe symbole wszystkich regulaminów, zgodnie z którymi udzielono homologacji na podstawie niniejszego regulaminu, należy umieścić w kolumnach po prawej stronie symbolu opisanego w punkcie 4.4.2.

<sup>(1)</sup> Numery wyróżniające Umawiających się Stron Porozumienia z 1958 r. podano w załączniku 3 do ujednoliconej rezolucji w sprawie budowy pojazdów (R.E.3), dokument ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2/Amend.1 - [www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html)

- 4.6. Znak homologacji umieszcza się na tabliczce znamionowej zamontowanej na homologowanym typie przez producenta lub w jej pobliżu.
- 4.7. Przykładowe rozmieszczenie znaków homologacji przedstawiono w załączniku 3 do niniejszego regulaminu.
- 4.8. Na silniku homologowanym jako zespół techniczny muszą znajdować się, oprócz znaku homologacji:
- 4.8.1. znak towarowy lub nazwa handlowa producenta silnika;
- 4.8.2. kod silnika nadany przez producenta.
- 4.9. Oznakowanie to musi być czytelne i nieusuwalne.

## 5. SPECYFIKACJA I BADANIA

### 5.1. Przepisy ogólne

Części, które mogą mieć wpływ na poziom emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych, należy zaprojektować, skonstruować i zmontować w taki sposób, by w trakcie normalnego użytkowania silnik pracował zgodnie z przepisami niniejszego regulaminu, pomimo drgań, na jakie może być narażony.

- 5.1.1. Środki techniczne stosowane przez producenta muszą zapewniać skuteczne ograniczanie emisji wspomnianych zanieczyszczeń, zgodnie z przepisami niniejszego regulaminu, przez cały normalny okres użytkowania silnika oraz w normalnych warunkach jego użytkowania. Przepisy te uznaje się za spełnione, jeżeli:

- a) spełnione są, odpowiednio, przepisy pkt 5.2.1 i 7.2.2.1 oraz
- b) dodatkowo, dla silników należących do zakresu mocy L lub wyższych, spełnione są przepisy pkt 5.3.

- 5.1.2. W przypadku silników należących do zakresu mocy H i wyższych producent musi udowodnić trwałość silnika i urządzenia do oczyszczania spalin, w stosownych przypadkach, zgodnie z załącznikiem 8.

- 5.1.3. Po określonym czasie pracy silnika dopuszcza się systematyczną wymianę części związanych z emisją spalin. Wszelkie regulacje, naprawy, demontaż, czyszczenie lub wymiana części lub układów silnika, które są wykonywane okresowo w celu zapobieżenia awarii silnika, muszą być wykonywane tylko w takim zakresie, który jest technicznie niezbędny do zapewnienia właściwego funkcjonowania systemu kontroli emisji. Tym samym, w instrukcji obsługi należy zamieścić wymagania dotyczące okresowych czynności z zakresu konserwacji, które muszą zostać zatwierdzone przed udzieleniem homologacji. W przypadku silników należących do zakresu mocy L i wyższych należy zamieścić dalsze informacje zgodnie z wymaganiami pkt 5.3.3.

- 5.1.4. Odpowiedni wyciąg z instrukcji dotyczący konserwacji/wymiany urządzeń oczyszczania spalin należy zamieścić w dokumencie informacyjnym, jak określono w dodatkach do załącznika 1A do niniejszego regulaminu.

### 5.2. Specyfikacje dotyczące emisji zanieczyszczeń

Składniki gazowe i cząstki stałe emitowane przez badany silnik mierzy się przy użyciu metod opisanych w załączniku 4A dla zakresów mocy do P i w załączniku 4B dla zakresów mocy Q i R. Na wniosek producenta i za zgodą organu udzielającego homologacji typu metody opisane w załączniku 4B mogą być zastosowane do zakresów mocy do P.

- 5.2.1. Uzyskane emisje tlenku węgla, emisje węglowodorów, emisje tlenków azotu oraz emisje cząstek stałych nie mogą przekraczać ilości określonych w tabeli poniżej:

| Zakres mocy | Moc netto (P) (kW)    | Tlenek węgla (CO) (g/kWh) | Węglowodory (HC) (g/kWh) | Tlenki azotu (NOx) (g/kWh) | Cząstki stałe (PM) (g/kWh) |
|-------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| E           | $130 \leq P \leq 560$ | 3,5                       | 1,0                      | 6,0                        | 0,2                        |
| F           | $75 \leq P < 130$     | 5,0                       | 1,0                      | 6,0                        | 0,3                        |
| G           | $37 \leq P < 75$      | 5,0                       | 1,3                      | 7,0                        | 0,4                        |
| D           | $18 \leq P < 37$      | 5,5                       | 1,5                      | 8,0                        | 0,8                        |

| Zakres mocy | Moc netto (P) (kW) | Tlenek węgla (CO) (g/kWh) | Węglowodory (HC) (g/kWh)                             | Tlenki azotu (NOx) (g/kWh) | Cząstki stałe (PM) (g/kWh) |
|-------------|--------------------|---------------------------|--|----------------------------|----------------------------|
|             | Moc netto (P) (kW) | Tlenek węgla (CO) (g/kWh) | Suma węglowodorów i tlenków azotu (HC + NOx) (g/kWh) |                            | Cząstki stałe (PM) (g/kWh) |
| H           | 130 ≤ P ≤ 560      | 3,5                       | 4,0  |                            | 0,2                        |
| I           | 75 ≤ P < 130       | 5,0                       | 4,0  |                            | 0,3                        |
| J           | 37 ≤ P < 75        | 5,0                       | 4,7  |                            | 0,4                        |
| K           | 19 ≤ P < 37        | 5,5                       | 7,5  |                            | 0,6                        |
|             | Moc netto (P) (kW) | Tlenek węgla (CO) (g/kWh) | Węglowodory (HC) (g/kWh)                             | Tlenki azotu (NOx) (g/kWh) | Cząstki stałe (PM) (g/kWh) |
| L           | 130 ≤ P ≤ 560      | 3,5                       | 0,19   | 2,0                        | 0,025                      |
| M           | 75 ≤ P < 130       | 5,0                       | 0,19   | 3,3                        | 0,025                      |
| N           | 56 ≤ P < 75        | 5,0                       | 0,19   | 3,3                        | 0,025                      |
|             |                    |                           | Suma węglowodorów i tlenków azotu (HC + NOx) (g/kWh) |                            |                            |
| P           | 37 ≤ P < 56        | 5,0                       |  | 4,7                        | 0,025                      |
|             | Moc netto (P) (kW) | Tlenek węgla (CO) (g/kWh) | Węglowodory (HC) (g/kWh)                             | Tlenki azotu (NOx) (g/kWh) | Cząstki stałe (PM) (g/kWh) |
| Q           | 130 ≤ P ≤ 560      | 3,5                       | 0,19   | 0,4                        | 0,025                      |
| R           | 56 ≤ P < 130       | 5,0                       | 0,19   | 0,4                        | 0,025                      |

Wartości graniczne dla zakresów mocy od H do R obejmują współczynniki pogorszenia obliczone zgodnie z załącznikiem 8.

- 5.2.2. Jeżeli, jak określono zgodnie z załącznikiem 1B, jedna rodzina silników obejmuje więcej niż jeden zakres mocy, to wartości emisji silnika macierzystego (homologacja typu) oraz wszystkich typów silnika należących do tej samej rodziny (zgodność produkcji) muszą spełniać bardziej rygorystyczne wymagania właściwe dla wyższego zakresu.
- 5.2.3. Ponadto zastosowanie mają następujące wymagania:
- wymagania dotyczące trwałości ustanowione w załączniku 8 do niniejszego regulaminu;
  - przepisy dotyczące obszaru kontrolnego silnika określone w pkt 5.3.5 niniejszego regulaminu – wyłącznie w odniesieniu do badań silników o zakresach mocy Q i R;
  - wymagania dotyczące sprawozdawczości w zakresie CO<sub>2</sub> określone w dodatku 1 do załącznika 10 w odniesieniu do badań przeprowadzanych zgodnie z załącznikiem 4A, lub w dodatku 2 do załącznika 10 do niniejszego regulaminu w odniesieniu do badań przeprowadzanych zgodnie z załącznikiem 4B do niniejszego regulaminu;
  - wymagania określone w pkt 5.3 w odniesieniu do sterowanych elektronicznie silników o zakresach mocy od L do R.
- 5.3. Wymagania w zakresie homologacji typu dla zakresów mocy od L do R
- 5.3.1. Niniejszy punkt ma zastosowanie do homologacji typu silników sterowanych elektronicznie, w przypadku których do określenia ilości wtryskiwanego paliwa i synchronizacji jego wtrysku stosowany jest elektroniczny układ sterujący (zwanymi dalej „silnikami”). Niniejszy punkt ma zastosowanie niezależnie od technologii zastosowanej w takich silnikach w celu przestrzegania wartości granicznych emisji określonych w pkt 5.2.1 niniejszego regulaminu.

- 5.3.2. Wymagania ogólne
- 5.3.2.1. Wymagania w zakresie podstawowej strategii kontroli emisji
- 5.3.2.1.1. Podstawowa strategia kontroli emisji, uruchamiana w całym zakresie roboczym prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika, musi być zaprojektowana w taki sposób, by silnik mógł spełnić wymagania przepisów niniejszego regulaminu.
- 5.3.2.1.2. Nie dopuszcza się takiej podstawowej strategii kontroli emisji, która może dokonywać rozróżnienia między pracą silnika podczas standardowego badania homologacji typu a pracą w innych warunkach eksploatacji, a następnie obniżyć poziom kontroli emisji w warunkach nieujętych zasadniczo w procedurze homologacji typu.
- 5.3.2.2. Wymagania w zakresie pomocniczej strategii kontroli emisji
- 5.3.2.2.1. Pomocnicza strategia kontroli emisji może być stosowana w silniku lub niedrogowej maszynie ruchomej, pod warunkiem że pomocnicza strategia kontroli emisji, w przypadku jej uruchomienia, modyfikuje podstawową strategię kontroli emisji w odpowiedzi na określony zestaw warunków otoczenia lub eksploatacji, natomiast nie zmniejsza trwale skuteczności systemu kontroli emisji.
- a) W przypadku gdy pomocnicza strategia kontroli emisji uruchamiana jest podczas badania homologacyjnego, nie stosuje się pkt 5.3.2.2.2 i 5.3.2.2.3.
- b) W przypadku gdy pomocnicza strategia kontroli emisji nie jest uruchamiana podczas badania homologacyjnego, należy wykazać, że pomocnicza strategia kontroli emisji działa wyłącznie przez taki czas, jaki wymagany jest do celów określonych w pkt 5.3.2.2.3.
- 5.3.2.2.2 W odniesieniu do zakresów mocy od L do P i zakresów mocy od Q do R stosuje się następujące warunki kontrolne:
- a) warunki kontrolne dla silników o zakresach mocy od L do P:
- (i) wysokość nieprzekraczająca 1 000 m (lub równoważnie ciśnienie atmosferyczne 90 kPa);
  - (ii) temperatura otoczenia w przedziale 275 K – 303 K (2 °C – 30 °C);
  - (iii) temperatura czynnika chłodzącego silnika powyżej 343 K (70 °C).
- Jeżeli pomocnicza strategia kontroli emisji uruchamiana jest podczas pracy silnika w warunkach kontrolnych, o których mowa w ppkt (i), (ii) i (iii), wówczas strategię taką uruchamia się jedynie wyjątkowo;
- b) warunki kontrolne dla silników o zakresach mocy od Q do R:
- (i) ciśnienie atmosferyczne większe lub równe 82,5 kPa;
  - (ii) temperatura otoczenia w następującym przedziale:
    - równa lub wyższa niż 266 K (-7 °C);
    - niższa lub równa temperaturze ustalonej przy pomocy poniższego równania przy określonym ciśnieniu atmosferycznym:  $T_c = -0,4514 \cdot (101,3 - p_b) + 311$ , gdzie:  $T_c$  oznacza obliczoną temperaturę powietrza otoczenia w K, a  $p_b$  oznacza ciśnienie atmosferyczne w kPa;
  - (iii) temperatura czynnika chłodzącego silnika powyżej 343 K (70 °C).
- Jeżeli pomocnicza strategia kontroli emisji uruchamiana jest podczas pracy silnika w warunkach kontrolnych, o których mowa w ppkt (i), (ii) i (iii), wówczas strategię taką uruchamia się jedynie po wykazaniu, że jest to konieczne do celów określonych w pkt 5.3.2.2.3, oraz po jej zatwierdzeniu przez organ udzielający homologacji;
- c) praca w niskiej temperaturze
- W drodze odstępstwa od wymagań określonych w lit. b) pomocnicza strategia kontroli emisji może zostać zastosowana w odniesieniu do silników wyposażonych w układ recyrkulacji gazów spalinowych (EGR) o zakresach mocy od Q do R, jeżeli temperatura otoczenia jest niższa niż 275 K (2 °C), o ile spełnione zostało jedno z dwóch poniższych kryteriów:
- (i) temperatura kolektora dolotowego jest równa lub niższa niż temperatura otrzymana w wyniku zastosowania następującego równania:  $IMT_c = PIM/15,75 + 304,4$ , gdzie:  $IMT_c$  oznacza obliczoną temperaturę kolektora dolotowego w K, a  $PIM$  oznacza ciśnienie bezwzględne w kolektorze dolotowym w kPa;

- (ii) temperatura czynnika chłodzącego silnika jest równa lub niższa niż temperatura otrzymana w wyniku zastosowania następującego równania:  $ECTc = PIM/14,004 + 325,8$ , gdzie: ECTc oznacza obliczoną temperaturę czynnika chłodzącego silnika w K, a PIM oznacza ciśnienie bezwzględne w kolektorze dolotowym w kPa.

5.3.2.2.3. Pomocnicza strategia kontroli emisji może być uruchamiana w szczególności w następujących przypadkach:

- a) za pomocą sygnałów pokładowych w celu ochrony przed uszkodzeniem silnika (wraz z zabezpieczeniem układu obiegu powietrza) lub niedrogowej maszyny ruchomej, w której zamontowany jest silnik;
- b) do celów bezpieczeństwa eksploatacji;
- c) w celu zapobiegania nadmiernej emisji podczas zimnego rozruchu, rozgrzewania lub zatrzymywania silnika;
- d) w przypadku konieczności zwiększenia poziomu emisji jednego z regulowanych zanieczyszczeń w określonych warunkach otoczenia lub eksploatacji w celu utrzymania poziomu kontroli wszystkich pozostałych regulowanych zanieczyszczeń w granicach dopuszczalnych wartości emisji właściwych dla danego silnika. Ma to na celu zrównoważenie naturalnie występujących zjawisk w sposób zapewniający dopuszczalny poziom kontroli wszystkich składników emisji.

5.3.2.2.4. Podczas badania homologacyjnego producent wykazuje placówce technicznej, że sposób działania pomocniczej strategii kontroli emisji jest zgodny z przepisami pkt 5.3.2.2. Wykazanie to polega na ocenie dokumentacji, o której mowa w pkt 5.3.2.3.

5.3.2.2.5. Nie dopuszcza się takiego sposobu działania pomocniczej strategii kontroli emisji, który nie jest zgodny z pkt 5.3.2.2.

5.3.2.3. Wymagania dotyczące dokumentacji

5.3.2.3.1. Do wniosku o udzielenie homologacji typu przedkładanego placówce technicznej producent załącza teczkę informacyjną zawierającą objaśnienia na temat każdego elementu konstrukcji i strategii kontroli emisji oraz sposobów, w jakie strategia pomocnicza bezpośrednio lub pośrednio steruje zmiennymi wyjściowymi. Teczka informacyjna musi zawierać dwie części:

- a) pakiet dokumentacji dołączony do wniosku o udzielenie homologacji typu, który zawiera pełny opis strategii kontroli emisji. Należy przedstawić dowody na to, że zidentyfikowano wszystkie sygnały wyjściowe dopuszczone przez schemat uwzględniający zakres sterowania sygnałów wejściowych z poszczególnych jednostek. Dowody takie należy załączyć do teczki informacyjnej, o której mowa w załączniku 1A;
- b) materiały dodatkowe przedłożone placówce technicznej, ale niezłączone do wniosku o udzielenie homologacji typu, które obejmują wszelkie parametry zmodyfikowane przez każdą pomocniczą strategię kontroli emisji oraz warunki brzegowe, w jakich działa ta strategia, w szczególności:
  - (i) opis logiki sterowania, strategii ustawiania rozrzędu oraz punktów przełączania podczas wszystkich trybów pracy dla układu paliwowego i innych podstawowych układów, które skutkują skutecznym ograniczeniem poziomu emisji (np. układ recyrkulacji gazów spalinowych (EGR) lub dozowania reagentu);
  - (ii) uzasadnienie dla wszelkich pomocniczych strategii kontroli emisji zastosowanych w odniesieniu do silnika, wraz z materiałem i danymi badawczymi, wykazujące wpływ na emisję spalin. Uzasadnienie takie może opierać się na danych badawczych, rzetelnej analizie technicznej lub na obydwu tych wariantach łącznie;
  - (iii) szczegółowy opis algorytmów lub czujników (w stosownych przypadkach) stosowanych do celów identyfikacji, analizy lub diagnozowania nieprawidłowości w pracy układu kontroli emisji NO<sub>x</sub>;
  - (iv) tolerancje stosowane w celu spełnienia wymagań określonych w pkt 5.3.3.7.2, niezależnie od zastosowanych środków.

- 5.3.2.3.2. Materiały dodatkowe, o których mowa w lit. b) pkt 5.3.2.3.1, traktowane są jako ściśle poufne. Materiały takie udostępniane są na żądanie organowi udzielającemu homologacji typu. Organ udzielający homologacji typu przestrzega poufności takich materiałów.
- 5.3.3. Wymagania dotyczące systemu kontroli emisji NO<sub>x</sub> dla silników o zakresach mocy od L do P.
- 5.3.3.1. Producent przekazuje informacje w pełni opisujące funkcjonalne parametry pracy systemu kontroli emisji NO<sub>x</sub>, korzystając w tym celu z dokumentacji określonej w pkt 2 dodatku 1 oraz w pkt 2 dodatku 3 do załącznika 1A.
- 5.3.3.2. Jeżeli system kontroli emisji wymaga użycia reagentu, wówczas producent podaje właściwości takiego reagentu, w tym jego rodzaj, stężenie, jeżeli reagent występuje w postaci roztworu, temperaturę roboczą oraz odniesienia do międzynarodowych norm w zakresie składu i jakości, w pkt 2.2.1.13 dodatku 1 oraz w pkt 3.2.1.13 dodatku 3 do załącznika 1A.
- 5.3.3.3. Strategia kontroli emisji zastosowana w silniku musi działać w każdych warunkach środowiskowych, jakie występują naturalnie na terytorium Umawiających się Stron, w szczególności w niskich temperaturach otoczenia.
- 5.3.3.4. Producent musi wykazać, że wielkość emisji amoniaku podczas obowiązującego cyklu badania emisji w ramach procedury homologacji typu, w przypadku użycia reagentu, nie przekracza wartości średniej wynoszącej 25 ppm.
- 5.3.3.5. Jeżeli na niedrogowej maszynie ruchomej zamontowano lub przyłączono oddzielne zbiorniki z reagentem, należy dodatkowo zapewnić metodę pobierania próbek reagentu z wnętrza takich zbiorników. Punkt pobierania próbek musi być łatwo dostępny bez potrzeby korzystania ze specjalistycznych urządzeń lub narzędzi.
- 5.3.3.6. Wymagania w zakresie użytkowania i konserwacji.
- 5.3.3.6.1. Udzielenie homologacji typu uzależnione jest, zgodnie z pkt 5.1.3, od zaopatrzenia każdego operatora niedrogowej maszyny ruchomej w pisemne instrukcje zawierające:
- szczegółowe ostrzeżenia objaśniające usterki, jakie mogą wystąpić wskutek nieprawidłowej eksploatacji, użytkowania lub konserwacji zamontowanego silnika, wraz z informacją o stosownych środkach naprawczych;
  - szczegółowe ostrzeżenia dotyczące nieprawidłowego użytkowania maszyny, wskutek którego mogą wystąpić usterki silnika, wraz z informacją o stosownych środkach naprawczych;
  - informacje na temat prawidłowego użycia reagentu, wraz z instrukcją uzupełniania reagentu pomiędzy zwykłymi przeglądami technicznymi;
  - wyraźne ostrzeżenie, że świadectwo homologacji typu wydane dla odnośnego typu silnika zachowuje ważność wyłącznie w przypadku spełniania wszystkich poniższych warunków:
    - eksploatacja, użytkowanie i konserwacja silnika przebiegają zgodnie z dostarczonymi instrukcjami;
    - jeżeli doszło do nieprawidłowej eksploatacji, użytkowania lub konserwacji, podjęto bezzwłocznie działania naprawcze zgodne ze środkami naprawczymi określonymi w ostrzeżeniach, o których mowa w lit. a) i b);
    - nie wystąpił przypadek zamierzonego nieprawidłowego użytkowania silnika, w szczególności rozłączenia lub braku konserwacji układu EGR lub układu dozowania reagentu.
- Instrukcje muszą być napisane w sposób przejrzysty i nietechniczny, w tym samym języku, co instrukcja użytkowania niedrogowej maszyny ruchomej lub silnika.
- 5.3.3.7. Kontrola reagentu (w stosownych przypadkach)
- 5.3.3.7.1. Zgodnie z przepisami pkt 6.1 udzielenie homologacji typu zależy od tego, czy zapewniono wskaźniki lub inne odpowiednie środki, stosownie do konfiguracji niedrogowej maszyny ruchomej, informujące operatora o:
- ilości reagentu, jaka pozostała w zbiorniku, oraz, za pomocą specjalnego sygnału dodatkowego, o spadku poziomu reagentu poniżej 10 % całkowitej objętości zbiornika;
  - całkowitym lub prawie całkowitym opróżnieniu zbiornika z reagentem;



- c) niezgodności reagentu w zbiorniku z parametrami określonymi i zapisanymi w pkt 2.2.1.13 dodatku 1 oraz w pkt 2.2.1.13 dodatku 3 do załącznika 1A, zgodnie ze wskazaniami zamontowanego przyrządu pomiarowego;
  - d) przerwie w dozowaniu reagentu, innej niż spowodowana przez elektroniczną jednostkę sterującą silnika lub układ regulujący dozowanie w odpowiedzi na warunki eksploatacji silnika, w których nie jest wymagane dozowanie, pod warunkiem że informacja o takich warunkach eksploatacji została udostępniona organowi udzielającemu homologacji typu.
- 5.3.3.7.2. Wymagania w zakresie zgodności reagentu z deklarowanymi parametrami oraz powiązanej tolerancji emisji NO<sub>x</sub> spełniane są w jeden z poniższych sposobów, wedle uznania producenta:
- a) za pomocą środków bezpośrednich, takich jak czujnik jakości reagentu;
  - b) za pomocą środków pośrednich, takich jak zastosowanie na wylocie spalin czujnika NO<sub>x</sub> pozwalającego określić skuteczność reagentu;
  - c) za pomocą innych środków, pod warunkiem że ich skuteczność jest co najmniej taka jak w przypadku środków, o których mowa w lit. a) i b), i spełnione są najważniejsze wymagania określone w niniejszym punkcie.
- 5.3.4. Wymagania dotyczące systemu kontroli emisji NO<sub>x</sub> dla silników o zakresach mocy od Q do R
- 5.3.4.1. Producent przekazuje informacje w pełni opisujące parametry pracy systemu kontroli emisji NO<sub>x</sub>, korzystając w tym celu z dokumentacji określonej w pkt 2 dodatku 1 do załącznika 1A oraz w pkt 2 dodatku 3 do załącznika 1A.
- 5.3.4.2. Strategia kontroli emisji zastosowana w silniku musi działać w każdych warunkach środowiskowych, jakie występują naturalnie na terytorium Umawiających się Stron, w szczególności w niskich temperaturach otoczenia. Przedmiotowe wymaganie nie jest ograniczone do warunków, w których należy stosować podstawową strategię kontroli emisji, jak określono w pkt 5.3.2.2.2.
- 5.3.4.3. W przypadku użycia reagentu producent wykazuje, że wielkość emisji amoniaku w cyklu gorącego rozruchu NRTC lub NRSC w ramach procedury homologacji typu nie przekracza średniej wartości wynoszącej 10 ppm.
- 5.3.4.4. Jeżeli do niedrogowej maszyny ruchomej są zamontowane lub przyłączone zbiorniki z reagentem, należy dodatkowo zapewnić metodę pobierania próbek reagentu z wnętrza takich zbiorników. Punkt pobierania próbek powinien być łatwo dostępny bez potrzeby korzystania ze specjalistycznych urządzeń lub narzędzi.
- 5.3.4.5. Udzielenie homologacji typu uzależnione jest, zgodnie z pkt 6.1, od podjęcia następujących działań:
- a) zaopatrzenia każdego operatora niedrogowej maszyny ruchomej w pisemną instrukcję obsługi, jak określono w załączniku 9 do niniejszego regulaminu;
  - b) przekazania WUO (wytwórcy urządzenia oryginalnego) dokumentów związanych z montażem silnika, w tym systemu kontroli emisji, stanowiącego część typu silnika, dla którego udzielono homologacji;
  - c) przekazania WUO instrukcji dotyczących systemu ostrzegania operatora, systemu wymuszającego i (w stosownych przypadkach) zabezpieczenia przed zamrażaniem reagentu;
  - d) zastosowania przepisów dotyczących instrukcji obsługi, dokumentów związanych z montażem, systemu ostrzegania operatora, systemu wymuszającego i zabezpieczenia przed zamrażaniem reagentu określonych w załączniku 9 do niniejszego regulaminu.
- 5.3.5. Obszar kontrolny stosowany w przypadku zakresów mocy od Q do R
- W przypadku silników o zakresach mocy od Q do R próbki emisji pobrane w obszarze kontrolnym określonym w pkt 5.3.5 nie mogą przekroczyć o więcej niż 100 % wartości granicznych emisji podanych w pkt 5.2.1 niniejszego regulaminu.
- 5.3.5.1 Wymagania dotyczące demonstracji
- Upoważniona placówka techniczna wybiera losowo do badania maksymalnie trzy punkty obciążenia i prędkości w obszarze kontrolnym. Upoważniona placówka techniczna określa również losowy przebieg punktów testowych. Badanie przeprowadzane jest zgodnie z podstawowymi wymaganiami NRSC, jednak każdy punkt testowy oceniany jest oddzielnie. W każdym punkcie testowym muszą być zachowane wartości graniczne, o których mowa w pkt 5.3.5.

### 5.3.5.2 Wymagania dotyczące badań

Badanie przeprowadza się w następujący sposób:

- a) badanie przeprowadza się bezpośrednio po cyklach badania z fazami dyskretnymi opisanego w pkt 7.8.1.2 lit. a)–e) załącznika 4B do niniejszego regulaminu, jednak przed procedurami po przeprowadzeniu badania opisanymi w lit. f) lub po badaniu ze zmianami jednostajnymi między fazami opisanym w pkt 7.8.2.2 lit. a)–d) załącznika 4B do niniejszego regulaminu, ale odpowiednio przed procedurami po przeprowadzeniu badania opisanymi w lit. e);
- b) badania przeprowadza się zgodnie z wymaganiami określonymi w pkt 7.8.1.2 lit. b)–e) załącznika 4B do niniejszego regulaminu, z wykorzystaniem metody wielofiltrowej (jeden filtr w każdym punkcie testowym) dla każdego z trzech wybranych punktów testowych;
- c) dla każdego punktu testowego należy obliczyć wartość emisji jednostkowej (w g/kWh);
- d) wartości emisji można obliczyć w oparciu o stężenie molowe, wykorzystując dodatek A.7, lub w oparciu o masę, wykorzystując dodatek A.8 do załącznika 4B do niniejszego regulaminu, jednak należy zachować spójność z metodą stosowaną w przypadku badania z fazami dyskretnymi lub badania ze zmianami jednostajnymi między fazami;
- e) do obliczania sumy zanieczyszczeń gazowych należy przyjąć  $N_{mode}$  równy 1 oraz zastosować współczynnik wagowy równy 1;
- f) do obliczeń dotyczących cząstek stałych należy stosować metodę wielofiltrową, a do obliczania sumy należy przyjąć  $N_{mode}$  równy 1 oraz zastosować współczynnik wagowy równy 1.

### 5.3.5.3. Wymagania dotyczące obszaru kontrolnego

#### 5.3.5.3.1. Obszar kontrolny silnika

Obszar kontrolny (zob. rys. 2) definiuje się w następujący sposób:

zakres prędkości: prędkość A do prędkości obrotowej wysokiej,

gdzie:

prędkość A = prędkość obrotowa niska + 15 % (prędkość obrotowa wysoka – prędkość obrotowa niska).

Należy stosować definicje wysokiej i niskiej prędkości obrotowej przedstawione w załączniku 4B do niniejszego regulaminu.

Jeżeli zmierzona prędkość A silnika znajduje się w zakresie  $\pm 3\%$  prędkości silnika zadeklarowanej przez producenta, stosuje się zadeklarowane prędkości silnika. Jeżeli dla którejkolwiek z prędkości stosowanych w badaniu tolerancja zostanie przekroczona, wykorzystuje się zmierzone prędkości obrotowe silnika.

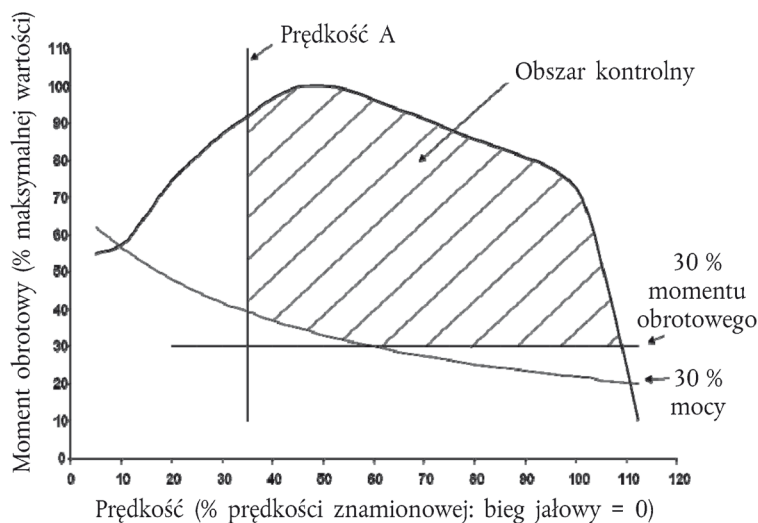
#### 5.3.5.3.2. Z badania wyłącza się następujące warunki pracy silnika:

- a) punkty poniżej 30 % maksymalnego momentu obrotowego;
- b) punkty poniżej 30 % maksymalnej mocy.

Producent może wnioskować o wyłączenie przez upoważnioną placówkę techniczną punktów eksploatacyjnych z obszaru kontrolnego zdefiniowanego w pkt 5.5.1 i 5.5.2 w czasie certyfikacji/homologacji typu. Służba techniczna może wyrazić zgodę na zastosowanie takiego wyłączenia, jeżeli producent jest w stanie wykazać, że silnik nie może nigdy działać w takich punktach przy użytkowaniu go w dowolnych konfiguracjach maszyny.

Rysunek 2

## Obszar kontrolny



- 5.3.6 Sprawdzenie emisji gazów ze skrzyni korbowej w przypadku silników o zakresach mocy od Q do R
- 5.3.6.1. Emisje ze skrzyni korbowej nie mogą być odprowadzane bezpośrednio do otaczającej atmosfery – odstępstwa od tej reguły zostały przedstawione w pkt 5.3.6.3.
- 5.3.6.2. Przez cały czas pracy silniki mogą odprowadzać emisje ze skrzyni korbowej do przewodów wydechowych przed wszystkimi urządzeniami układu oczyszczania spalin (w kierunku przeciwnym do przepływu).
- 5.3.6.3. Silniki wyposażone w turbosprężarki, pompy, dmuchawy lub mechaniczne sprężarki powietrza mogą odprowadzać emisje ze skrzyni korbowej do otaczającej atmosfery. W takim przypadku emisje ze skrzyni korbowej są dodawane do emisji spalin (fizycznie lub matematycznie) podczas wszystkich badań poziomu emisji, zgodnie z pkt 6.10 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.
- 5.4. Wybór kategorii mocy silnika
- 5.4.1. W celu zapewnienia zgodności silników o zmiennej prędkości obrotowej określonych w pkt 1.1 i 1.2 niniejszego regulaminu z wartościami granicznymi emisji podanymi w pkt 5.2.1 niniejszego regulaminu przydziela się je do zakresów mocy na podstawie najwyższej wartości mocy netto, mierzonej zgodnie z pkt 2.1.49 niniejszego regulaminu.
- 5.4.2. W przypadku innych typów silników należy stosować moc znamionową netto.
6. MONTAŻ W POJEŹDZIE
- 6.1. Instalację silnika w pojeździe przeprowadza się w sposób zapewniający zgodność z poniższymi parametrami w odniesieniu do homologacji silnika:
- 6.1.1. Podciśnienie w układzie dolotowym nie może przekraczać wartości określonej dla homologowanego silnika odpowiednio w dodatku 1 lub 3 do załącznika 1A do niniejszego regulaminu.
- 6.1.2. Przeciwcisnienie spalin nie może przekraczać wartości określonej dla homologowanego silnika odpowiednio w dodatku 1 lub 3 do załącznika 1A do niniejszego regulaminu.
- 6.1.3. Operator musi być informowany o kontroli reagentu, jak określono w pkt 5.3.3.7.1 lub, w stosownych przypadkach, w załączniku 9 do niniejszego regulaminu.
- 6.1.4. W stosownych przypadkach należy przekazać WUO dokumenty i instrukcje związane z montażem zgodnie z pkt 5.3.4.5.
7. ZGODNOŚĆ PRODUKCJI
- 7.1. Procedury zgodności produkcji muszą być zgodne z procedurami określonymi w aneksie 2 do Porozumienia (E/EKG/324-E/EKG/TRANS/505/Rev.2) i następującymi wymaganiami:

- 7.2. Organ, który udzielił homologacji typu, może w dowolnej chwili sprawdzić metody kontroli zgodności stosowane w każdej jednostce produkcyjnej.
- 7.2.1. Podczas każdej kontroli inspektorowi należy udostępnić dokumentację badań i dokumentację nadzoru produkcji.
- 7.2.2. Jeżeli poziom jakości okaże się niezadowalający lub zaistnieje konieczność sprawdzenia ważności danych przedstawionych zgodnie z pkt 5.2, to stosuje się następującą procedurę:
- 7.2.2.1. Z serii wybiera się jeden silnik, który zostaje poddany badaniom opisanym w załączniku 4A lub załączniku 4B zgodnie z pkt 5.2. Uzyskane emisje tlenku węgla, emisje węglowodorów, emisje tlenków azotu oraz emisje cząstek stałych nie mogą przekraczać ilości określonych w tabeli w pkt 5.2.1, z zastrzeżeniem wymagań pkt 5.2.2.
- 7.2.2.2. Jeżeli silnik pobrany z serii nie spełnia wymagań pkt 7.2.2.1, to producent może zażądać przeprowadzenia pomiarów na próbce silników o tej samej specyfikacji pobranych z danej serii, włącznie z pierwotnie wybranym silnikiem. Producent określa wielkość  $n$  próbki w porozumieniu z placówką techniczną. Silniki, oprócz silnika wybranego pierwotnie, poddaje się badaniom. Dla każdego zanieczyszczenia określa się średnią arytmetyczną ( $\bar{x}$ ) wyników otrzymanych dla próbki. Produkcję seryjną uznaje się następnie za zgodną, jeżeli spełniony jest następujący warunek:

$$\bar{x} + kS \leq 1$$

gdzie:

$$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

gdzie

$x$  to dowolny pojedynczy wynik otrzymany dla próbki  $n$ ;

$l$  to wartość graniczna ustanowiona w pkt 5.2.1 dla każdego z rozważanych zanieczyszczeń;

$k$  współczynnik statystyczny zależny od  $n$  podany w następującej tabeli:

|   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| n | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| k | 0,973 | 0,613 | 0,489 | 0,421 | 0,376 | 0,342 | 0,317 | 0,296 | 0,279 |
| n | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19    |
| k | 0,265 | 0,253 | 0,242 | 0,233 | 0,224 | 0,216 | 0,210 | 0,203 | 0,198 |

jeżeli  $n \geq 20$ ,  $k = \frac{0,860}{\sqrt{n}}$

- 7.2.3. Placówka techniczna odpowiedzialna za sprawdzenie zgodności produkcji przeprowadza badania na silnikach dotartych częściowo lub całkowicie, zgodnie z zaleceniami producenta.
- 7.2.4. Kontroli z upoważnienia organu udzielającego homologacji typu dokonuje się zazwyczaj raz w roku. Jeżeli wymagania określone w pkt 7.2.2.1 nie są spełnione, organ udzielający homologacji typu zapewnia zastosowanie wszelkich niezbędnych kroków w celu jak najszybszego przywrócenia zgodności produkcji.
8. SANKCJE Z TYTUŁU NIEZGODNOŚCI PRODUKCJI
- 8.1. Homologacja udzielona w odniesieniu do typu silnika lub rodziny silników zgodnie z niniejszym regulaminem może zostać cofnięta w razie niespełnienia wymagań określonych w pkt 7.2 lub w razie niezaliczenia przez silnik lub silniki badań określonych w pkt 7.2.2.1.
- 8.2. Jeżeli Umawiająca się Strona Porozumienia stosująca niniejszy regulamin postanowi o cofnięciu uprzednio przez siebie udzielonej homologacji, niezwłocznie powiadamia o tym fakcie, za pomocą formularza zawiadomienia zgodnego ze wzorem przedstawionym w załączniku 2 do niniejszego regulaminu, pozostałe Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin.

9. ZMIANY I ROZSZERZENIE HOMOLOGACJI TYPU HOMOLOGOWANEGO
- 9.1. O każdej zmianie homologowanego typu lub homologowanej rodziny należy powiadomić organ udzielający homologacji typu, który udzielił homologacji typu. Organ udzielający homologacji typu może:
- 9.1.1. uznać za mało prawdopodobne, aby dokonane zmiany miały istotne negatywne skutki, i uznać, że w każdym przypadku zmieniony typ spełnia dalej odpowiednie wymagania; lub
- 9.1.2. zażądać kolejnego sprawozdania z badań od placówki technicznej upoważnionej do ich przeprowadzenia.
- 9.2. Strony Porozumienia stosujące niniejszy regulamin zostają powiadomione o potwierdzeniu lub odmowie udzielenia homologacji, z wyszczególnieniem zmian, zgodnie z określoną procedurą.
- 9.3. Udzielający rozszerzenia homologacji organ, który udzielił homologacji typu, przydziela numer seryjny dla takiego rozszerzenia oraz informuje o nim pozostałe Umawiające się Strony Porozumienia z 1958 r. stosujące niniejszy regulamin, korzystając z formularza zawiadomienia zgodnego ze wzorem w załączniku 2 do niniejszego regulaminu.
10. OSTATECZNE ZANIECHANIE PRODUKCJI
- Jeżeli posiadacz homologacji ostatecznie zaniecha produkcji homologowanego typu lub rodziny zgodnie z niniejszym regulaminem, informuje o tym organ, który udzielił homologacji. Po otrzymaniu stosownego zawiadomienia wyżej wymieniony organ powiadamia o tym pozostałe Strony Porozumienia stosujące niniejszy regulamin za pomocą formularza zawiadomienia zgodnego ze wzorem przedstawionym w załączniku 2 do niniejszego regulaminu.
11. PRZEPISY PRZEJŚCIOWE
- 11.1. Począwszy od oficjalnej daty wejścia w życie serii poprawek 02, żadna z Umawiających się Stron stosujących niniejszy regulamin nie może odmówić udzielenia homologacji zgodnie z niniejszym regulaminem zmienionym serią poprawek 02.
- 11.2. Począwszy od daty wejścia w życie serii poprawek 02, Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o zmiennej prędkości obrotowej należącym do zakresów mocy H, I, J i K, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 02.
- 11.3. Począwszy od daty wejścia w życie serii poprawek 02, Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o zmiennej prędkości obrotowej należących do zakresów mocy H, I, J i K, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 02.
- 11.4. Od dnia 1 stycznia 2010 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o stałej prędkości obrotowej należącym do zakresów mocy H, I i K, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 02.
- 11.5. Od dnia 1 stycznia 2011 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o stałej prędkości obrotowej należącym do zakresu mocy J, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 02.
- 11.6. Od dnia 1 stycznia 2011 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o stałej prędkości obrotowej należących do zakresów mocy H, I i K, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 02.
- 11.7. Od dnia 1 stycznia 2012 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o stałej prędkości obrotowej należących do zakresu mocy J, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 02.
- 11.8. W drodze odstępstwa od przepisów określonych w pkt 11.3, 11.6 i 11.7 Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odroczyć każdą datę wymienioną w powyższych punktach o dwa lata w odniesieniu do silników z datą produkcji wcześniejszą od wspomnianych dat.

- 11.9. W drodze odstępstwa od przepisów określonych w pkt 11.3, 11.6 i 11.7 Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą nadal zezwalać na wprowadzanie do obrotu silników homologowanych na podstawie wcześniejszych norm technicznych, o ile silniki te są przewidziane jako zamienne do montowania w pojazdach będących już w użytkowaniu oraz z technicznego punktu widzenia niemożliwe jest spełnienie przez te silniki nowych wymagań serii poprawek 02.
- 11.10. Począwszy od oficjalnej daty wejścia w życie serii poprawek 03, żadna z Umawiających się Stron stosujących niniejszy regulamin nie może odmówić udzielenia homologacji zgodnie z niniejszym regulaminem zmienionym serią poprawek 03.
- 11.11. Począwszy od daty wejścia w życie serii poprawek 03, Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o zmiennej prędkości obrotowej należącym do zakresów mocy L, M, N i P, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 03.
- 11.12. Od dnia 1 stycznia 2013 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o zmiennej prędkości obrotowej należącym do zakresu mocy Q, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 03.
- 11.13. Od dnia 1 października 2013 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o zmiennej prędkości obrotowej należącym do zakresu mocy R, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 03.
- 11.14. Począwszy od daty wejścia w życie serii poprawek 03, Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o zmiennej prędkości obrotowej należących do zakresów mocy L, M, N i P, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 03.
- 11.15. Od dnia 1 stycznia 2014 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o zmiennej prędkości obrotowej należących do zakresu mocy Q, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 03.
- 11.16. Od dnia 1 października 2014 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o zmiennej prędkości obrotowej należących do zakresu mocy R, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego serią poprawek 03.
- 11.17. W drodze odstępstwa od przepisów określonych w pkt 11.14–11.16 Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin muszą odroczyć każdą datę wymienioną w powyższych punktach o dwa lata w odniesieniu do silników z datą produkcji wcześniejszą od wspomnianych dat.
- 11.18. W drodze odstępstwa od przepisów określonych w pkt 11.14, 11.15 i 11.16 Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą nadal zezwalać na wprowadzanie do obrotu silników homologowanych na podstawie wcześniejszych norm technicznych, o ile silniki te są przewidziane jako zamienne do montowania w pojazdach będących już w użytkowaniu oraz z technicznego punktu widzenia niemożliwe jest spełnienie przez te silniki nowych wymagań serii poprawek 03.
- 11.19. W drodze odstępstwa od przepisów określonych w pkt 11.11–11.16 następujące dodatkowe klauzule przejściowe 11.20–11.29 stosuje się w odniesieniu do pojazdów kategorii T o następujących właściwościach szczególnych:
- ciągniki o maksymalnej prędkości konstrukcyjnej nieprzekraczającej 40 km/h, mające minimalny rozstaw kół mniejszy niż 1,150 mm, masę własną w stanie gotowości do jazdy przekraczającą 600 kg i prześwit pod pojazdem nie większy niż 600 mm. Jednakże w przypadku gdy wysokość środka ciężkości ciągnika <sup>(1)</sup> (mierzona względem podłoża) podzielona przez średni minimalny rozstaw kół każdej osi przekracza 0,90, maksymalna prędkość konstrukcyjna jest ograniczona do 30 km/h;
  - ciągniki przeznaczone do pracy przy uprawach roślin wysokopiennych, np. winorośli. Charakteryzują się one wysokim podwoziem lub częścią podwozia, które umożliwia ruch równoległy do upraw, przy czym rząd lub rzędy upraw znajdują się między lewymi i prawymi kołami

(1) Środek ciężkości ciągnika przyjęty zgodnie z normą ISO 789-6: 1982.

ciągnika. Ciągniki te są przystosowane do przenoszenia lub napędzania narzędzi mocowanych z przodu ciągnika, między jego osiami, z tyłu lub na skrzyni. Wysokość prześwitu ciągnika w pozycji roboczej mierzona prostopadle do rzędów upraw przekracza 1 000 mm. Jeżeli iloraz wysokości środka ciężkości ciągnika <sup>(1)</sup> (mierzonej od podłoża, przy zastosowaniu zwykle montowanych opon) i średniego minimalnego rozstawu kół wszystkich osi przekracza 0,90, to maksymalna prędkość konstrukcyjna ciągnika nie może przekroczyć 30 km/h.

- 11.20. Od dnia 1 stycznia 2013 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o zmiennej prędkości obrotowej należącym do zakresu mocy L i przeznaczonym do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.21. Od dnia 1 stycznia 2014 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o zmiennej prędkości obrotowej należącym do zakresów mocy M i N i przeznaczonym do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.22. Od dnia 1 stycznia 2015 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o zmiennej prędkości obrotowej należącym do zakresu mocy P i przeznaczonym do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.23. Od dnia 1 stycznia 2016 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o zmiennej prędkości obrotowej należącym do zakresu mocy Q i przeznaczonym do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.24. Od dnia 1 października 2016 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić udzielenia homologacji silnikom lub rodzinom silników o zmiennej prędkości obrotowej należącym do zakresu mocy R i przeznaczonym do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie spełniają wymagań niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.25. Od dnia 1 stycznia 2014 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o zmiennej prędkości obrotowej należących do zakresu mocy L i przeznaczonych do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.26. Od dnia 1 stycznia 2015 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o zmiennej prędkości obrotowej należących do zakresów mocy M i N przeznaczonych do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.27. Od dnia 1 stycznia 2016 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o zmiennej prędkości obrotowej należących do zakresu mocy P i przeznaczonych do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.28. Od dnia 1 stycznia 2017 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o zmiennej prędkości obrotowej należących do zakresu mocy Q i przeznaczonych do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.29. Od dnia 1 października 2017 r. Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin mogą odmówić wprowadzenia do obrotu silników lub rodzin silników o zmiennej prędkości obrotowej należących do zakresu mocy R i przeznaczonych do montażu w pojazdach określonych w pkt 11.19, które nie uzyskały homologacji na podstawie niniejszego regulaminu zmienionego seria poprawek 03.
- 11.30. W drodze odstępstwa od przepisów określonych w pkt 11.25–11.29 Umawiające się Strony stosujące niniejszy regulamin muszą odroczyć każdą datę wymienioną w powyższych punktach o dwa lata w odniesieniu do silników z datą produkcji wcześniejszą od wspomnianych dat.

12. NAZWY I ADRESY PLACÓWEK TECHNICZNYCH UPOWAŻNIONYCH DO PRZEPROWADZANIA BADAŃ HOMOLOGACYJNYCH ORAZ NAZWY I ADRESY ORGANÓW UDZIELAJĄCYCH HOMOLOGACJI TYPU

Strony Porozumienia z 1958 r. stosujące niniejszy regulamin przekazują Sekretariatowi Organizacji Narodów Zjednoczonych nazwy i adresy placówek technicznych upoważnionych do przeprowadzania badań homologacyjnych oraz nazwy i adresy organów udzielających homologacji typu, którym należy przesyłać wydane w innych państwach zawiadomienia poświadczające udzielenie, rozszerzenie, odmowę udzielenia lub cofnięcie homologacji.

---



## ZAŁĄCZNIK 1A

**Dokument informacyjny nr ... dotyczący homologacji typu i odnoszący się do środków przeciwdziałających emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych z silników spalinyowych wewnętrznego spalania przeznaczonych do montażu w niedrogowych maszynach ruchomych**Silnik macierzysty/typ silnika <sup>(1)</sup>: .....

1. Przepisy ogólne

1.1. Marka (nazwa przedsiębiorstwa): .....

1.2. Typ i opis handlowy silnika macierzystego oraz (jeżeli dotyczy) rodziny silnika(-ów): .....

1.3. Kod typu producenta oznaczony na silniku(-ach): .....

1.4. Wyszczególnienie maszyn, które mają być napędzane przez silnik <sup>(2)</sup>: .....

1.5. Nazwa i adres producenta: .....

Nazwa i adres upoważnionego przedstawiciela producenta (jeżeli występuje): .....

1.6. Umieszczenie, kodowanie i sposób mocowania znaków identyfikacyjnych silnika: .....

1.7. Umieszczenie i sposób mocowania znaku homologacji: .....

1.8. Adresy zakładów montażowych: .....

Załączniki:

1.1. Podstawowe właściwości silnika macierzystego (silników macierzystych) (zob. dodatek 1)

1.2. Podstawowe właściwości rodziny silników (zob. dodatek 2)

1.3. Podstawowe właściwości typów silników w rodzinie (zob. dodatek 3)

2. Właściwości związanych z silnikiem części maszyn ruchomych (jeżeli dotyczy)

3. Fotografie silnika macierzystego

4. Wykaz dodatkowych załączników, jeżeli występują.

Data, sprawa

\_\_\_\_\_

<sup>(1)</sup> Niepotrzebne skreślić.<sup>(2)</sup> Określić tolerancję.

## Dodatek 1

**Podstawowe właściwości silnika (macierzystego)**

1. Opis silnika
  - 1.1. Producent:.....
  - 1.2. Kod silnika nadany przez producenta:.....
  - 1.3. Cykl: czterosurowy/dwusurowy <sup>(1)</sup>
  - 1.4. Średnica cylindra: ..... mm
  - 1.5. Skok tłoka: ..... mm
  - 1.6. Liczba i układ cylindrów:.....
  - 1.7. Pojemność skokowa silnika: ..... cm<sup>3</sup>
  - 1.8. Prędkość znamionowa:.....
  - 1.9. Prędkość obrotowa momentu maksymalnego:.....
  - 1.10. Objętościowy stopień sprężenia <sup>(2)</sup>:.....
  - 1.11. Opis układu spalania:.....
  - 1.12. Rysunek (rysunki) komory spalania i denka tłoka:.....
  - 1.13. Minimalne pole przekroju poprzecznego powierzchni otworów dolotowych i wylotowych:.....
  - 1.14. Układ chłodzenia
    - 1.14.1. Ciecz
      - 1.14.1.1. Rodzaj cieczy:.....
      - 1.14.1.2. Pompa(-y) obiegowa(-e): tak/nie <sup>(1)</sup>
      - 1.14.1.3. Właściwości lub marka(-i) i typ(y) (jeżeli dotyczy):.....
      - 1.14.1.4. Przełożenie(-a) napędu (jeżeli dotyczy):.....
    - 1.14.2. Powietrze
      - 1.14.2.1. Dmuchawa: tak/nie <sup>(1)</sup>
      - 1.14.2.2. Właściwości lub marka(-i) i typ(y) (jeżeli dotyczy):.....
      - 1.14.2.3. Przełożenie(-a) napędu (jeżeli dotyczy):.....
  - 1.15. Temperatura dozwolona przez producenta
    - 1.15.1. Chłodzenie cieczą: maksymalna temperatura na wylocie: ..... K
    - 1.15.2. Chłodzenie powietrzem: punkt pomiarowy:.....  
Maksymalna temperatura w punkcie pomiarowym: ..... K
    - 1.15.3. Maksymalna temperatura ładunku powietrza na wlocie do chłodnicy międzystopniowej (jeżeli dotyczy): ..... K

<sup>(1)</sup> Niepotrzebne skreślić.<sup>(2)</sup> Określić tolerancję.

- 1.15.4. Maksymalna temperatura spalin w punkcie przewodu(-ów) wydechowego(-ych) przylegającego(-ych) do zewnętrznego(-ych) kołnierza(-y) kolektora wydechowego: ..... K
- 1.15.5. Temperatura paliwa: ..... min.: K  
..... maks.: K
- 1.15.6. Temperatura środka smarowego: ..... min.: K  
..... maks.: K
- 1.16. Sprężarka doładowująca: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 1.16.1. Marka:.....
- 1.16.2. Typ:.....
- 1.16.3. Opis układu (np. maksymalne ciśnienie doładowania, przepustnica, jeżeli dotyczy):.....
- 1.16.4. Chłodnica międzystopniowa: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 1.17. Układ dolotowy: maksymalne dopuszczalne podciśnienie powietrza dolotowego przy znamionowej prędkości obrotowej silnika i 100 % obciążeniu: ..... kPa
- 1.18. Układ wylotowy: maksymalne dopuszczalne przeciwcisnienie spalin przy znamionowej prędkości obrotowej silnika i 100 % obciążeniu: ..... kPa
2. Środki przeciwdziałające zanieczyszczeniu powietrza
- 2.1. Układ recyrkulacji gazów ze skrzyni korbowej: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2. Dodatkowe urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniom (jeżeli występują i nie są uwzględnione w innej pozycji)
- 2.2.1. Reaktor katalityczny: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.1.1. Marka(-i):.....
- 2.2.1.2. Typ(y):.....
- 2.2.1.3. Liczba reaktorów katalitycznych i ich części.....
- 2.2.1.4. Wymiary i pojemność reaktorów katalitycznych:.....
- 2.2.1.5. Zasada działania reaktora katalitycznego:.....
- 2.2.1.6. Całkowita zawartość metali szlachetnych:.....
- 2.2.1.7. Stężenie względne:.....
- 2.2.1.8. Nośnik (budowa i materiał):.....
- 2.2.1.9. Gęstość kanałów:.....
- 2.2.1.10. Typ obudowy reaktora(-ów) katalitycznego(-ych): .....
- 2.2.1.11. Położenie reaktorów katalitycznych (miejsce i największa/najmniejsza odległość od silnika):.....
- 2.2.1.12. Normalny zakres temperatur roboczych (K): .....
- 2.2.1.13. Reagent ulegający zużyciu (w stosownych przypadkach):.....
- 2.2.1.13.1. Rodzaj i stężenie reagentu niezbędnego do reakcji katalitycznej:.....
- 2.2.1.13.2. Normalny zakres temperatur roboczych reagentu: .....

- 2.2.1.13.3. Norma międzynarodowa (w stosownych przypadkach):.....
- 2.2.1.14. Czujnik NO<sub>x</sub>: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.2. Czujnik tlenu: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.2.1. Marka(-i): .....
- 2.2.2.2. Typ:.....
- 2.2.2.3. Położenie:.....
- 2.2.3. Wtrysk powietrza: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.3.1. Typ (powietrze pulsujące, pompa powietrza itp.): .....
- 2.2.4. EGR: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.4.1. Właściwości (np. chłodzony/niechłodzony, wysoko-/niskoprężny itp.): .....
- 2.2.5. Pochłaniacz cząstek stałych: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.5.1. Wymiary i pojemność pochłaniacza cząstek stałych:.....
- 2.2.5.2. Typ i budowa pochłaniacza cząstek stałych: .....
- 2.2.5.3. Położenie (miejsce i największa/najmniejsza odległość od silnika): .....
- 2.2.5.4. Metoda lub układ regeneracji, opis lub rysunek: .....
- 2.2.5.5. Normalny zakres temperatur roboczych (K) i ciśnienia (kPa): .....
- 2.2.6. Inne układy: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.6.1. Opis i działanie:.....
3. Zasilanie paliwem:
- 3.1. Pompa podająca
- Ciśnienie zasilania <sup>(2)</sup> lub wykres charakterystyki: ..... kPa
- 3.2. Układ wtryskowy
- 3.2.1. Pompa
- 3.2.1.1. Marka(-i): .....
- 3.2.1.2. Typ(y):.....
- 3.2.1.3. Wydatek: ..... mm<sup>3</sup> na skok <sup>(2)</sup> lub cykl przy prędkości obrotowej pompy: ..... min<sup>-1</sup> przy pełnym wtrysku lub wykres charakterystyki.
- Wskazać zastosowaną metodę: na silniku/na stanowisku probierczym pompy <sup>(1)</sup>
- 3.2.1.4. Wyprzedzenie wtrysku
- 3.2.1.4.1. Krzywa kąta wyprzedzenia wtrysku <sup>(2)</sup>: .....
- 3.2.1.4.2. Ustawienie rozrządu <sup>(2)</sup>: .....
- 3.2.2. Przewody układu wtryskowego
- 3.2.2.1. Długość: ..... mm
- 3.2.2.2. Średnica wewnętrzna: ..... mm

- 3.2.3. Wtryskiwacz(-e)
    - 3.2.3.1. Marka(-i): .....
    - 3.2.3.2. Typ(y): .....
    - 3.2.3.3. Ciśnienie otwarcia <sup>(2)</sup> lub wykres charakterystyki: ..... kPa
  - 3.2.4. Regulator
    - 3.2.4.1. Marka(-i): .....
    - 3.2.4.2. Typ(y): .....
    - 3.2.4.3. Prędkość obrotowa na początku odcinania przy pełnym obciążeniu <sup>(2)</sup>: ..... min<sup>-1</sup>
    - 3.2.4.4. Maksymalna prędkość obrotowa bez obciążenia <sup>(2)</sup>: ..... min<sup>-1</sup>
    - 3.2.4.5. Prędkość biegu jałowego <sup>(2)</sup>: ..... min<sup>-1</sup>
  - 3.3. Układ zimnego rozruchu
    - 3.3.1. Marka(-i): .....
    - 3.3.2. Typ(y): .....
    - 3.3.3. Opis: .....
  - 4. Zastrzeżone
  - 5. Układ rozrządu
    - 5.1. Maksymalny wznios oraz kąty otwarcia i zamknięcia w odniesieniu do punktów zwrotnych lub dane równoważne: .....
    - 5.2. Luzy zaworowe kontrolne lub robocze <sup>(1)</sup>
    - 5.3. Układ zmiennych faz rozrządu (jeśli ma zastosowanie i gdzie wlot lub wydech) <sup>(1)</sup>
      - 5.3.1. Typ: ciągły lub dwustanowy (włącz/wyłącz) <sup>(1)</sup>
      - 5.3.2. Kąt przesunięcia fazowego krzywki: .....
  - 6. Zastrzeżone
  - 7. Zastrzeżone
-

## Dodatek 2

## Podstawowe właściwości rodziny silników

1. Parametry wspólne <sup>(1)</sup>
  - 1.1. Cykl spalania:.....
  - 1.2. Czynniki chłodzący:.....
  - 1.3. Sposób zasysania powietrza:.....
  - 1.4. Typ/konstrukcja komory spalania:.....
  - 1.5. Zawory i okna przelotowe 3/4 – konfiguracja, wymiary i liczba:.....
  - 1.6. Układ paliwowy:.....
  - 1.7. Układy sterujące silnika .....  
Dowód identyczności na podstawie numerów rysunków:.....
  - 1.7.1. Układ chłodzenia powietrza doładowującego:.....
  - 1.7.2. Recyrkulacja spalin <sup>(2)</sup>:.....
  - 1.7.3. Wtrysk wody/emulsji <sup>(2)</sup>:.....
  - 1.7.4. Wtrysk powietrza <sup>(2)</sup>:.....
  - 1.8. Układ oczyszczania spalin <sup>(3)</sup>:.....  
Dowód zgodności stosunku (lub występowanie najniższej wartości dla silnika macierzystego): pojemność układu do dawki paliwa na skok, na podstawie numerów wykresów:.....
2. Wykaz rodziny silników
  - 2.1. Nazwa rodziny silników:.....
  - 2.2. Specyfikacja silników w rodzinie:

|   | Silnik macierzysty (*) | Silniki w ramach rodziny (**) |  |  |  |
|---|------------------------|-------------------------------|--|--|--|
| Typ silnika   |                        |                               |  |  |  |
| Liczba cylindrów  |                        |                               |  |  |  |
| Znamionowa prędkość obrotowa (min <sup>-1</sup> )                           |                        |                               |  |  |  |
| Dawka paliwa na skok (mm <sup>3</sup> ) przy znamionowej mocy netto         |                        |                               |  |  |  |
| Znamionowa moc netto (kW)   |                        |                               |  |  |  |
| Prędkość obrotowa przy maksymalnej mocy (min <sup>-1</sup> )                |                        |                               |  |  |  |
| Maksymalna moc netto (kW)   |                        |                               |  |  |  |
| Prędkość obrotowa dla maksymalnego momentu obrotowego (min <sup>-1</sup> )  |                        |                               |  |  |  |
| Dawka paliwa na skok (mm <sup>3</sup> ) przy maksymalnym momencie obrotowym |                        |                               |  |  |  |
| Maksymalny moment obrotowy (Nm)   |                        |                               |  |  |  |

<sup>(1)</sup> Niepotrzebne skreślić.

<sup>(2)</sup> Określić tolerancję.

<sup>(3)</sup> Jeżeli nie dotyczy, oznaczyć „nie dotyczy”.

|   | Silnik macierzysty (*) | Silniki w ramach rodziny (**) |  |  |  |
|---|------------------------|-------------------------------|--|--|--|
| Niska prędkość obrotowa biegu jałowego ( $\text{min}^{-1}$ )        |                        |                               |  |  |  |
| Pojemność skokowa cylindra (w % wartości dla silnika macierzystego) | 100                    |                               |  |  |  |

(\*) Szczegółowe informacje zamieszczono w dodatku 1.  
(\*\*) Szczegółowe informacje zamieszczono w dodatku 3.

- 2.3. Ponadto dla każdego typu silnika należącego do rodziny organowi udzielającemu homologacji typu należy przedłożyć informacje wymagane w załączniku 1B – dodatek 3.

## Dodatek 3

**Podstawowe właściwości typów silników w rodzinie**

1. Opis silnika
  - 1.1. Producent:.....
  - 1.2. Kod silnika nadany przez producenta:.....
  - 1.3. Cykl: czterosuwowy/dwusuwowy <sup>(1)</sup>
  - 1.4. Średnica cylindra: .....mm
  - 1.5. Skok tłoka: .....mm
  - 1.6. Liczba i układ cylindrów:.....
  - 1.7. Pojemność skokowa silnika: .....cm<sup>3</sup>
  - 1.8. Prędkość znamionowa:.....
  - 1.9. Prędkość obrotowa momentu maksymalnego:.....
  - 1.10. Objętościowy stopień sprężenia <sup>(2)</sup>:.....
  - 1.11. Opis układu spalania:.....
  - 1.12. Rysunek (rysunki) komory spalania i denka tłoka.....
  - 1.13. Minimalne pole przekroju poprzecznego powierzchni otworów dolotowych i wylotowych:.....
  - 1.14. Układ chłodzenia
    - 1.14.1. Ciecz
      - 1.14.1.1. Rodzaj cieczy:.....
      - 1.14.1.2. Pompa(-y) obiegowa(-e): tak/nie <sup>(1)</sup>
      - 1.14.1.3. Właściwości lub marka(-i) i typ(y) (jeżeli dotyczy):.....
      - 1.14.1.4. Przełożenie(-a) napędu (jeżeli dotyczy):.....
    - 1.14.2. Powietrze
      - 1.14.2.1. Dmuchawa: tak/nie <sup>(1)</sup>
      - 1.14.2.2. Właściwości lub marka(-i) i typ(y) (jeżeli dotyczy):.....
      - 1.14.2.3. Przełożenie(-a) napędu (jeżeli dotyczy):.....
  - 1.15. Temperatura dozwolona przez producenta
    - 1.15.1. Chłodzenie cieczą: maksymalna temperatura na wylocie: ..... K
    - 1.15.2. Chłodzenie powietrzem: punkt pomiarowy: .....  
Maksymalna temperatura w punkcie pomiarowym: ..... K
    - 1.15.3. Maksymalna temperatura ładunku powietrza na wlocie do chłodnicy międzystopniowej (jeżeli dotyczy): ..... K
    - 1.15.4. Maksymalna temperatura spalin w punkcie przewodu(-ów) wydechowego(-ych) przylegającego(-ych) do zewnętrznego(-ych) kołnierza(-y) kolektora wydechowego: ..... K
    - 1.15.5. Temperatura paliwa: ..... min.: K  
..... maks.: K
    - 1.15.6. Temperatura środka smarnego: ..... min.: K  
..... maks.: K

<sup>(1)</sup> Niepotrzebne skreślić.<sup>(2)</sup> Określić tolerancję.



- 1.16. Sprężarka doładowująca: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 1.16.1. Marka:.....
- 1.16.2. Typ:.....
- 1.16.3. Opis układu (np. maksymalne ciśnienie doładowania, przepustnica, jeżeli dotyczy):.....
- 1.16.4. Chłodnica międzystopniowa: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 1.17. Układ dolotowy: maksymalne dopuszczalne podciśnienie powietrza dolotowego przy znamionowej prędkości obrotowej silnika i 100 % obciążeniu: .....kPa
- 1.18. Układ wylotowy: maksymalne dopuszczalne przeciwciśnienie spalin przy znamionowej prędkości obrotowej silnika i 100 % obciążeniu: .....kPa
2. Środki przeciwdziałające zanieczyszczeniu powietrza
- 2.1. Układ recyrkulacji gazów ze skrzyni korbowej: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2. Dodatkowe urządzenia zapobiegające zanieczyszczeniom (jeżeli występują i nie są uwzględnione w innej pozycji)
- 2.2.1. Reaktor katalityczny: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.1.1. Marka(-i):.....
- 2.2.1.2. Typ(y):.....
- 2.2.1.3. Liczba reaktorów katalitycznych i ich części:.....
- 2.2.1.4. Wymiary i pojemność reaktora(-ów) katalitycznego(-ych):.....
- 2.2.1.5. Zasada działania reaktora katalitycznego:.....
- 2.2.1.6. Całkowita zawartość metali szlachetnych:.....
- 2.2.1.7. Stężenie względne:.....
- 2.2.1.8. Nośnik (budowa i materiał):.....
- 2.2.1.9. Gęstość kanałów:.....
- 2.2.1.10. Typ obudowy reaktora(-ów) katalitycznego(-ych):.....
- 2.2.1.11. Położenie reaktorów katalitycznych (miejsce i największa/najmniejsza odległość od silnika):.....
- 2.2.1.12. Normalny zakres temperatur roboczych (K).....
- 2.2.1.13. Reagent ulegający zużyciu (w stosownych przypadkach):.....
- 2.2.1.13.1. Rodzaj i stężenie reagentu niezbędnego do reakcji katalitycznej:.....
- 2.2.1.13.2. Normalny zakres temperatur roboczych reagentu:.....
- 2.2.1.13.3. Norma międzynarodowa (w stosownych przypadkach):.....
- 2.2.1.14. Czujnik NO<sub>x</sub>: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.2. Czujnik tlenu: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.2.1. Marka(-i):.....
- 2.2.2.2. Typ:.....
- 2.2.2.3. Położenie:.....
- 2.2.3. Wtrysk powietrza: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.3.1. Typ (powietrze pulsujące, pompa powietrza itp.):.....
- 2.2.4. EGR: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.4.1. Właściwości (np. chłodzony/niechłodzony, wysoko-/niskoprężny itp.):.....
- 2.2.5. Pochłaniacz cząstek stałych: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.5.1. Wymiary i pojemność pochłaniacza cząstek stałych:.....
- 2.2.5.2. Typ i budowa pochłaniacza cząstek stałych:.....

- 2.2.5.3. Położenie (miejsce i największa/najmniejsza odległość od silnika): .....
- 2.2.5.4. Metoda lub układ regeneracji, opis lub rysunek: .....
- 2.2.5.5. Normalny zakres temperatur roboczych (K) i ciśnienia (kPa): .....
- 2.2.6. Inne układy: tak/nie <sup>(1)</sup>
- 2.2.6.1. Opis i działanie: .....
3. Zasilanie paliwem:
- 3.1. Pompa podająca
- Ciśnienie zasilania <sup>(2)</sup> lub wykres charakterystyki: .....kPa
- 3.2. Układ wtryskowy
- 3.2.1. Pompa
- 3.2.1.1. Marka(-i): .....
- 3.2.1.2. Typ(y): .....
- 3.2.1.3. Zasilanie: .....mm<sup>3</sup> na suw <sup>(2)</sup> lub cykl przy prędkości pompy ..... min<sup>-1</sup> przy pełnym wtrysku lub wykres charakterystyki.
- Wskazać zastosowaną metodę: na silniku/na stanowisku probierczym pompy <sup>(1)</sup>
- 3.2.1.4. Wyprzedzenie wtrysku
- 3.2.1.4.1. Krzywa kąta wyprzedzenia wtrysku <sup>(2)</sup>: .....
- 3.2.1.4.2. Ustawienie rozrządu <sup>(2)</sup>: .....
- 3.2.2. Przewody układu wtryskowego
- 3.2.2.1. Długość: .....mm
- 3.2.2.2. Średnica wewnętrzna: .....mm
- 3.2.3. Wtryskiwacz(-e)
- 3.2.3.1. Marka(-i): .....
- 3.2.3.2. Typ(y): .....
- 3.2.3.3. Ciśnienie otwarcia <sup>(2)</sup> lub wykres charakterystyki: .....kPa
- 3.2.4. Regulator
- 3.2.4.1. Marka(-i): .....
- 3.2.4.2. Typ(y): .....
- 3.2.4.3. Prędkość obrotowa na początku odcinania przy pełnym obciążeniu <sup>(2)</sup>: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.2.4.4. Maksymalna prędkość obrotowa bez obciążenia <sup>(2)</sup>: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.2.4.5. Prędkość biegu jałowego <sup>(2)</sup>: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.3. Układ zimnego rozruchu
- 3.3.1. Marka(-i): .....
- 3.3.2. Typ(y): .....
- 3.3.3. Opis: .....
4. Zastrzeżone
5. Układ rozrządu
- 5.1. Maksymalny wznios oraz kąty otwarcia i zamknięcia w odniesieniu do punktów zwrotnych lub dane równoważne: .....

- 5.2. Luzy zaworowe kontrolne lub robocze (!)
  - 5.3. Układ zmiennych faz rozrządu (jeśli ma zastosowanie i gdzie wlot lub wydech) (!)
  - 5.3.1. Typ: ciągły lub dwustanowy (włącz/wyłącz) (!)
  - 5.3.2. Kąt przesunięcia fazowego krzywki: .....
  - 6. Zastrzeżone
  - 7. Zastrzeżone
-

## ZAŁĄCZNIK 1B

## WŁAŚCIWOŚCI RODZINY SILNIKÓW I WYBÓR SILNIKA MACIERZYSTEGO

## 1. PARAMETRY OKREŚLAJĄCE RODZINĘ SILNIKÓW

## 1.1. Przepisy ogólne

Rodzina silników charakteryzuje się określonymi parametrami konstrukcyjnymi. Parametry te muszą być wspólne dla wszystkich silników danej rodziny. Producent silników może określić, które silniki należą do jednej rodziny, pod warunkiem że spełnione są kryteria dotyczące przynależności zawarte w pkt 1.3. Rodzina silników musi być zatwierdzona przez organ udzielający homologacji typu. Producent przedstawia organowi udzielającemu homologacji typu odpowiednie informacje dotyczące poziomów emisji poszczególnych silników danej rodziny.

## 1.2. Przypadki szczególne

## 1.2.1. Wzajemne oddziaływanie parametrów

W niektórych przypadkach może występować wzajemne oddziaływanie między parametrami, co może zmienić wartości emisji. Należy to uwzględnić, tak aby w skład jednej rodziny silników wchodziły wyłącznie silniki o podobnych właściwościach emisji spalin. Przypadki takie muszą być określone przez producenta i zgłoszone przez niego do organu udzielającego homologacji typu. Sytuację taką uwzględni się następnie jako kryterium dla utworzenia nowej rodziny silników.

## 1.2.2. Urządzenia lub elementy mające duży wpływ na emisje

Jeżeli pewne urządzenia lub elementy niewymienione w pkt 1.3 mają duży wpływ na poziom emisji, to producent musi je zidentyfikować, korzystając z właściwej oceny technicznej, oraz zgłosić je do organu udzielającego homologacji typu. Sytuację taką uwzględni się następnie jako kryterium dla utworzenia nowej rodziny silników.

## 1.2.3. Kryteria dodatkowe

Oprócz parametrów wymienionych w pkt 1.3 producent może wprowadzić dodatkowe kryteria pozwalające na określenie rodzin silników o węższym zakresie. Parametry te niekoniecznie muszą być parametrami mającymi wpływ na poziom emisji.

## 1.3. Parametry określające rodzinę silników

## 1.3.1. Cykl spalania:

- a) cykl 2-suwowy;
- b) cykl 4-suwowy;
- c) silnik obrotowy;
- d) inne.

## 1.3.2. Konfiguracja cylindrów

## 1.3.2.1. Położenie cylindrów w bloku silnika:

- a) widlaste („V”);
- b) rzędowe;
- c) promieniowe;
- d) inne (typu F, W itd.).

## 1.3.2.2. Względne położenie cylindrów

Silniki z takim samym blokiem mogą należeć do tej samej rodziny, pod warunkiem że ich wymiary średnicy mierzone od środka do środka są takie same.

## 1.3.3. Główny czynnik chłodzący:

- a) powietrze;
- b) woda;
- c) olej.

## 1.3.4. Pojemność skokowa cylindra

Dla silników o pojemności pojedynczego cylindra  $\geq 0,75 \text{ dm}^3$ : między 85 % a 100 % największej pojemności skokowej cylindra w danej rodzinie silników.

Dla silników o pojemności pojedynczego cylindra  $< 0,75 \text{ dm}^3$ : między 70 % a 100 % największej pojemności skokowej cylindra w danej rodzinie silników.

## 1.3.5. Sposób zasysania powietrza:

- a) wolnossący;
- b) doładowanie pod ciśnieniem;
- c) doładowanie pod ciśnieniem z chłodnicą powietrza doładującego.

## 1.3.6. Typ/konstrukcja komory spalania:

- a) komora otwarta;
- b) komora dzielona;
- c) inne typy.

## 1.3.7. Zawory i okna przelotowe:

- a) konfiguracja;
- b) liczba zaworów na cylinder.

## 1.3.8. Sposób doprowadzania paliwa:

- a) pompa, (wysokociśnieniowy) przewód i wtryskiwacz;
- b) pompa rzędowa lub rozdzielcza;
- c) zespół wtryskiwacza;
- d) układ wspólnej szyny (*common rail*).

## 1.3.9. Urządzenia różne:

- a) układ recyrkulacji gazów spalinowych (EGR);
- b) wtrysk wody;
- c) wtrysk powietrza;
- d) inne.

## 1.3.10. Strategia sterowania elektronicznego

Obecność lub brak elektronicznej jednostki sterującej (ECU) silnika uważa się za podstawowy parametr rodziny silników.

W przypadku silników sterowanych elektronicznie producent przedstawia elementy techniczne będące podstawą zgrupowania silników w tej samej rodzinie, tzn. powody, dla których można oczekiwać, że silniki te będą spełniać te same wymagania w zakresie emisji.

Silniki z elektroniczną regulacją prędkości obrotowej nie muszą znajdować się w innej rodzinie niż silniki z regulacją mechaniczną. Silniki elektroniczne muszą być rozdzielone od mechanicznych tylko wtedy, kiedy różnią się charakterystyką wtrysku paliwa: ustawieniem rozrządu, ciśnieniem, krzywą kąta wyprzedzenia itp.

## 1.3.11. Układy oczyszczania spalin

Funkcja i kombinacje następujących urządzeń są uznawane za kryteria przynależności do rodziny silników:

- a) reaktor katalityczny utleniający;
- b) układ  $\text{deNO}_x$  z selektywną redukcją  $\text{NO}_x$  (dodanie czynnika redukującego);
- c) inne układy  $\text{deNO}_x$ ;
- d) pochłaniacz cząstek stałych z regeneracją pasywną;
- e) pochłaniacz cząstek stałych z regeneracją aktywną;

f) inne pochłaniacze cząstek stałych;

g) inne urządzenia.

W przypadku gdy dany silnik został certyfikowany bez układu oczyszczania spalin jako silnik macierzysty lub jako członek rodziny i został wyposażony w reaktor katalityczny utleniający (nie w pochłaniacz cząstek stałych), to można go włączyć do tej samej rodziny silników, pod warunkiem że nie wymaga paliwa o innych właściwościach.

Jeżeli silnik wymaga paliwa o określonych właściwościach (np. pochłaniacze cząstek stałych wymagają szczególnych dodatków do paliwa umożliwiających proces regeneracji), to decyzja o jego włączeniu do danej rodziny musi się opierać na elementach technicznych dostarczonych przez producenta. Elementy te muszą wskazywać, że spodziewany poziom emisji silnika wyposażonego jest zgodny z tą samą wartością graniczną, co silnik niewyposażony.

W przypadku gdy dany silnik został certyfikowany z układem oczyszczania spalin jako silnik macierzysty lub jako członek rodziny, której silnik macierzysty jest wyposażony w taki sam układ oczyszczania spalin, to silnika tego, jeżeli nie został wyposażony w układ oczyszczania spalin, nie można włączyć do tej samej rodziny silników.

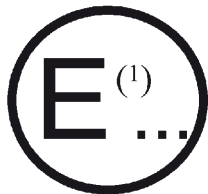
## 2. WYBÓR SILNIKA MACIERZYSTEGO

- 2.1. Silnik macierzysty rodziny wybiera się, stosując kryterium nadrzędne największej dawki paliwa na skok przy deklarowanej prędkości obrotowej momentu maksymalnego. W przypadku gdy co najmniej dwa silniki spełniają to kryterium nadrzędne, silnik macierzysty należy wybrać, wykorzystując kryterium drugorzędne najwyższej dawki paliwa na skok przy prędkości znamionowej. W niektórych warunkach organ udzielający homologacji może uznać, że najmniej korzystna wielkość emisji w rodzinie silników może być najsukuczniejszej określona przez zbadanie drugiego silnika. W związku z tym organ udzielający homologacji może wybrać do badania dodatkowy silnik w oparciu o właściwości wskazujące, że silnik ten może mieć najwyższy poziom emisji spośród silników należących do rodziny.
- 2.2. Jeżeli silniki należące do rodziny wykazują inne właściwości zmienne, które można uznać za negatywnie wpływające na poziom emisji, właściwości te należy także określić i wziąć pod uwagę przy wyborze silnika macierzystego.

## ZAŁĄCZNIK 2

## ZAWIADOMIENIE

(Maksymalny format: A4 (210 x 297 mm))



wydane przez: Nazwa organu administracji

.....  
 .....  
 .....

dotyczące <sup>(2)</sup>: udzielenia homologacji  
 rozszerzenia homologacji  
 odmowy udzielenia homologacji  
 cofnięcia homologacji  
 ostatecznego zaniechania produkcji

typu silnika lub rodziny typów silników z zapłonem samoczynnym jako oddzielnych zespołów technicznych w zakresie emisji zanieczyszczeń na podstawie regulaminu nr 96

Homologacja nr: ..... Rozszerzenie nr: .....

1. Nazwa handlowa lub znak towarowy silnika: .....
2. Typ(y) silników:
  - 2.1. Rodzina silników: .....
  - 2.2. Zakres mocy rodziny silników: .....
  - 2.3. Zmienna/stała prędkość obrotowa <sup>(2)</sup> .....
  - 2.4. Typy należące do danej rodziny silników:
  - 2.5. Typ silnika lub silnik reprezentujący rodzinę silników, który został zbadany:
3. Nazwa i adres producenta: .....
4. Jeżeli dotyczy, nazwa i adres przedstawiciela producenta: .....
5. Maksymalne dopuszczalne podciśnienie w układzie dolotowym: ..... kPa
6. Maksymalne dopuszczalne przeciwciśnienie spalin: ..... kPa
7. Ograniczenia w użytkowaniu (jeżeli występują): .....
8. Poziomy emisji – ostateczne wyniki badań z DF:

|                         | BADANIE NRSC | BADANIE NRTC |
|-------------------------|--------------|--------------|
| CO (g/kWh)              |              |              |
| HC (g/kWh)              |              |              |
| NO <sub>x</sub> (g/kWh) |              |              |
| PM (g/kWh)              |              |              |

9. Silnik przedstawiono do badań dnia: .....
10. Placówka techniczna upoważniona do przeprowadzania badań homologacyjnych: .....
11. Data sprawozdania sporządzonego przez placówkę techniczną: .....
12. Numer sprawozdania sporządzonego przez placówkę techniczną: .....
13. Miejsce umieszczenia znaku homologacji na silniku: .....
14. Miejscowość: .....
15. Data: .....
16. Podpis: .....
17. Do niniejszego zawiadomienia załączono następujące dokumenty, opatrzone przedstawionym powyżej numerem homologacji:  
 Załączono jedną kopię wypełnionego załącznika 1A lub załącznika 1B do niniejszego regulaminu wraz z odpowiednimi rysunkami i wykresami.

<sup>(1)</sup> Numer wyróżniający państwa, które udzieliło homologacji/rozszerzyło/cofnęło homologację lub odmówiło udzielenia homologacji (zob. przepisy regulaminu dotyczące homologacji)

<sup>(2)</sup> Niepotrzebne skreślić

## Dodatek 1

## Wyniki badań dla silników z zapłonem samoczynnym

Wyniki badań <sup>(1)</sup>

## Informacje dotyczące badanego silnika

Typ silnika:.....

Numer identyfikacyjny silnika:.....

## 1. Informacje dotyczące przebiegu badania:

## 1.1. Paliwo wzorcowe użyte podczas badania

1.1.1. Liczba cetanowa:.....

1.1.2. Zawartość siarki:.....

1.1.3. Gęstość:.....

## 1.2. Środek smarny

1.2.1. Marka(-i):.....

1.2.2. Typ(y):.....

(podać procent oleju w mieszance w przypadku zmieszania środka smarnego i paliwa)

## 1.3. Urządzenia napędzane przez silnik (jeżeli dotyczy)

1.3.1. Wykazy i dane identyfikacyjne:.....

## 1.3.2. Moc pobierana przy określonych prędkościach obrotowych silnika (zgodnie z danymi producenta):

| Urządzenie | Moc pochłaniana przez urządzenia napędzane przez silnik przy różnych prędkościach obrotowych silnika <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> , z uwzględnieniem załącznika 7 |   |   |
|------------|--|---|---|
|            | Pośrednia prędkość obrotowa (jeżeli dotyczy)   | Prędkość obrotowa przy maksymalnej mocy (jeżeli inna niż prędkość znamionowa) | Znamionowa prędkość obrotowa <sup>(4)</sup> |
|            |  |   |   |
|            |  |   |   |
|            |  |   |   |
|            |  |   |   |
| Ogółem:    |  |   |   |

## 1.4. Charakterystyka działania silnika:

## 1.4.1. Prędkości obrotowe silnika:

Bieg jałowy: .....min<sup>-1</sup>Pośrednia: .....min<sup>-1</sup>Dla maksymalnej mocy: .....min<sup>-1</sup>Znamionowa <sup>(5)</sup>: .....min<sup>-1</sup><sup>(1)</sup> W przypadku kilku silników macierzystych poniższe informacje należy podać dla każdego z nich.<sup>(2)</sup> Niepotrzebne skreślić.<sup>(3)</sup> Nie może być większa niż 10 % mocy zmierzonej podczas badania.<sup>(4)</sup> Podać wartości przy prędkości obrotowej silnika odpowiadającej 100 % znormalizowanej prędkości, jeżeli prędkość ta wykorzystywana jest podczas badania NRSC.<sup>(5)</sup> Podać prędkość obrotową silnika odpowiadającą 100 % znormalizowanej prędkości, jeżeli prędkość ta wykorzystywana jest podczas badania NRSC.



1.4.2. Moc silnika <sup>(6)</sup>

| Warunki   | Moc ustawiona (kW) przy różnych prędkościach obrotowych silnika |   |   |
|---|---|---|---|
|   | Pośrednia prędkość obrotowa (jeżeli dotyczy)                    | Prędkość obrotowa przy maksymalnej mocy (jeżeli inna niż prędkość znamionowa) | Znamionowa prędkość obrotowa <sup>(7)</sup> |
| Maksymalna moc zmierzona przy określonej prędkości stosowanej w badaniu (kW) (a)  |   |   |   |
| Całkowita moc pobierana przez urządzenia napędzane przez silnik zgodnie z pkt 1.3.2 niniejszego dodatku, z uwzględnieniem załącznika 7 (kW) (b) |   |   |   |
| Moc silnika netto, jak określono w pkt 2.1.49 (kW) (c)  |   |   |   |
| $c = a + b$   |   |   |   |

## 2. Informacje dotyczące przebiegu badania NRSC:

## 2.1. Ustawienie hamulca dynamometrycznego (kW)

| Procent obciążenia  | Ustawienia hamulca dynamometrycznego (kW) przy różnych prędkościach obrotowych silnika |   |
|---------------------|--|---|
|                     | Pośrednia (jeżeli dotyczy)   | Znamionowa prędkość obrotowa <sup>(7)</sup> |
| 10 (jeżeli dotyczy) |  |   |
| 25 (jeżeli dotyczy) |  |   |
| 50                  |  |   |
| 75                  |  |   |
| 100                 |  |   |

2.2. Wartości emisji zanieczyszczeń z silnika/silnika macierzystego <sup>(8)</sup>

Współczynnik pogorszenia jakości (DF): wyliczony/stały <sup>(8)</sup>

Podać wartości DF i wartości emisji w poniższej tabeli <sup>(7)</sup>:

| Badanie NRSC                           |        |            |                 |                         |  |
|--|--------|------------|-----------------|-------------------------|--|
| DF mnożnikowy/addytywny <sup>(8)</sup> | CO     | HC         | NO <sub>x</sub> | PM                      |  |
|  | Emisje | CO (g/kWh) | HC (g/kWh)      | NO <sub>x</sub> (g/kWh) |  |
| Wynik badania                          |        |            |                 |                         |  |
| Ostateczny wynik badania z DF          |        |            |                 |                         |  |

<sup>(6)</sup> Nieskorygowana moc zmierzona zgodnie z pkt 2.1.49.

<sup>(7)</sup> Zastąpić wartościami przy prędkości obrotowej silnika odpowiadającej 100 % znormalizowanej prędkości, jeżeli prędkość ta wykorzystywana jest podczas badania NRSC.

<sup>(8)</sup> Niepotrzebne skreślić.

| Dodatkowe punkty testowe obszaru kontrolnego (jeżeli dotyczy) |                           |                |            |            |                         |            |
|---|---------------------------|----------------|------------|------------|-------------------------|------------|
| Emisje w punkcie testowym                                     | Prędkość obrotowa silnika | Obciążenie (%) | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | NO <sub>x</sub> (g/kWh) | PM (g/kWh) |
| Wynik badania 1   |                           |                |            |            |                         |            |
| Wynik badania 2   |                           |                |            |            |                         |            |
| Wynik badania 3   |                           |                |            |            |                         |            |

## 2.3. System pobierania próbek do celów badania NRSC:

2.3.1. Emisje zanieczyszczeń gazowych <sup>(9)</sup>:.....2.3.2. Cząstki stałe <sup>(9)</sup>:.....2.3.2.1. Metoda <sup>(8)</sup>: jednofiltrowa/wielofiltrowa3. Informacje dotyczące przebiegu badania NRTC (jeżeli dotyczy) <sup>(10)</sup>:3.1. Wartości emisji zanieczyszczeń z silnika/silnika macierzystego <sup>(8)</sup>Współczynnik pogorszenia jakości (DF): wyliczony/stały <sup>(8)</sup>Podać wartości DF i wartości emisji w poniższej tabeli <sup>(9)</sup>:

Dla silników o zakresach mocy Q i R należy podać dane dotyczące regeneracji.

| Badanie NRTC   |            |            |                         |                            |            |                         |
|--|------------|------------|-------------------------|----------------------------|------------|-------------------------|
| DF mnożnikowy/addytywny <sup>(8)</sup>   | CO         | HC         | NO <sub>x</sub>         |                            | PM         |                         |
| Emisje   | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | NO <sub>x</sub> (g/kWh) | HC+NO <sub>x</sub> (g/kWh) | PM (g/kWh) |                         |
| Rozruch zimnego silnika  |            |            |                         |                            |            |                         |
| Emisje   | CO (g/kWh) | HC (g/kWh) | NO <sub>x</sub> (g/kWh) | HC+NO <sub>x</sub> (g/kWh) | PM (g/kWh) | CO <sub>2</sub> (g/kWh) |
| Rozruch gorącego silnika bez regeneracji   |            |            |                         |                            |            |                         |
| Rozruch gorącego silnika z regeneracją <sup>(8)</sup>  |            |            |                         |                            |            |                         |
| k <sub>r,u</sub> (mnożnikowy/addytywny) <sup>(8)</sup><br>k <sub>r,d</sub> (mnożnikowy/addytywny) <sup>(8)</sup> |            |            |                         |                            |            |                         |
| Ważony wynik badania   |            |            |                         |                            |            |                         |
| Ostateczny wynik badania z DF  |            |            |                         |                            |            |                         |

Praca w cyklu w przypadku uruchomienia gorącego silnika bez regeneracji kWh

## 3.2. System pobierania próbek do celów badania NRTC:

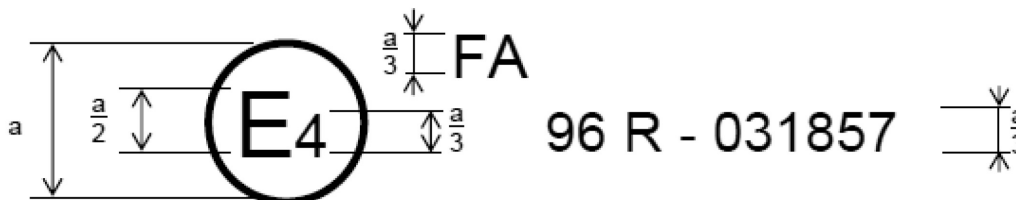
Emisje zanieczyszczeń gazowych <sup>(9)</sup>:.....Cząstki stałe <sup>(9)</sup>:.....Metoda <sup>(8)</sup>: jednofiltrowa/wielofiltrowa<sup>(9)</sup> Wskazać numery rysunków przedstawiających system zgodnie z definicją w, odpowiednio, dodatku 4 do załącznika 4A lub pkt 9 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.<sup>(10)</sup> W przypadku kilku silników macierzystych należy określić każdy z nich..

## ZAŁĄCZNIK 3

## ROZMIESZCZENIE ZNAKÓW HOMOLOGACJI

Wzór A

(zob. pkt 4.4 niniejszego regulaminu)

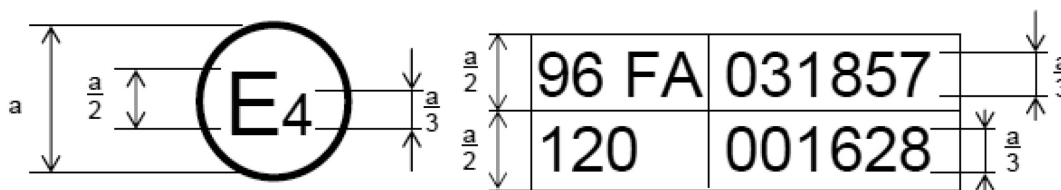


a = min. 8 mm

Powyższy znak homologacji umieszczony na silniku oznacza, że dany typ silnika otrzymał homologację w Niderlandach (E4) na podstawie regulaminu nr 96 (zgodnie z poziomem odpowiadającym zakresowi mocy F jako silnik o zmiennej prędkości obrotowej, jak wskazuje litera A) pod numerem homologacji 031857. Dwie pierwsze cyfry numeru homologacji wskazują, że w chwili udzielenia homologacji regulamin nr 96 był w brzmieniu zmienionym (serią poprawek 03).

Wzór B

(zob. pkt 4.5 niniejszego regulaminu)



a = min. 8 mm

Powyższy znak homologacji umieszczony na silniku oznacza, że dany typ silnika otrzymał homologację w Niderlandach (E4) na podstawie regulaminu nr 96 (zgodnie z poziomem odpowiadającym zakresowi mocy F jako silnik o zmiennej prędkości obrotowej, jak wskazuje litera A) oraz regulaminu nr 120. Dwie pierwsze cyfry numerów homologacji wskazują, że w terminach udzielenia odnośnych homologacji regulamin nr 96 był w brzmieniu zmienionym (serią poprawek 03), a regulamin nr 120 był w wersji pierwotnej.

## ZAŁĄCZNIK 4A

**METODA OZNACZANIA EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH I CZĄSTEK STAŁYCH**

## 1. WPROWADZENIE

- 1.1. Niniejszy załącznik opisuje metodę oznaczania emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych z badanego silnika.

Stosuje się następujące cykle badania:

Cykl stacjonarny NRSC (badanie pojazdów niedrogowych w stanach ustalonych) właściwy dla specyfikacji danego urządzenia, stosowany do pomiaru emisji tlenku węgla, węglowodorów, tlenków azotu i cząstek stałych dla wszystkich zakresów mocy silników opisanych w pkt 1.1, 1.2 i 1.3 niniejszego regulaminu, oraz cykl niestacjonarny NRTC (badanie pojazdów niedrogowych w stanach nieustalonych/prześciowych) stosowany do pomiaru emisji tlenku węgla, węglowodorów, tlenków azotu i cząstek stałych dla zakresów mocy L i wyższych silników opisanych w pkt 1.1 i 1.2 niniejszego regulaminu.

Składniki gazowe i cząstki stałe emitowane przez silnik przedstawiony do badań mierzy się przy użyciu metod opisanych w dodatku 4 do załącznika 4A.

Inne systemy lub analizatory mogą być dopuszczone, pod warunkiem że zapewniają równoważne wyniki w odniesieniu do następujących systemów wzorcowych:

- dla emisji gazowych mierzonych w spalinach nierozcieńczonych: system pokazany na rysunku 2 w dodatku 4 do załącznika 4A;
- dla emisji gazowych mierzonych w spalinach rozcieńczonych w systemie rozcieńczania przepływu całkowitego: system pokazany na rysunku 3 w dodatku 4 do załącznika 4A;
- dla emisji cząstek stałych: system rozcieńczania przepływu całkowitego z oddzielnym filtrem dla każdej fazy, pokazany na rysunku 13 w dodatku 4 do załącznika 4A.

Określenie równoważności układu musi się opierać na obejmującej siedem cykli badawczych (lub więcej) analizie korelacji między rozpatrywanym układem a co najmniej jednym z powyższych systemów wzorcowych.

Kryterium równoważności definiuje się jako  $\pm 5$ -procentową zgodność średnich ważonych wartości emisji na cykl. Należy zastosować cykl określony w pkt 3.6.1 załącznika 4A.

Na potrzeby wprowadzenia do regulaminu nowego systemu określenie równoważności opiera się na obliczeniu powtarzalności i odtwarzalności, jak określono w normie ISO 5725.

- 1.2. Badanie przeprowadza się na silniku zamontowanym na stanowisku pomiarowym i połączonym z hamulcem dynamometrycznym.

## 1.3. Zasada pomiaru:

Mierzone emisje wydechowe silnika obejmują składniki gazowe (tlenek węgla, całkowitą zawartość węglowodorów i tlenki azotu) oraz cząstki stałe. Ponadto często używa się dwutlenku węgla jako gazu znakującego do wyznaczania stosunku rozcieńczenia w układach rozcieńczania przepływu częściowego i rozcieńczania przepływu całkowitego. Właściwa ocena techniczna zaleca ogólny pomiar dwutlenku węgla jako doskonałe narzędzie do wykrywania problemów pomiarowych podczas wykonywania badania.

## 1.3.1. Badanie NRSC:

Podczas zalecanej sekwencji warunków eksploatacyjnych dla rozgrzanych silników należy w sposób ciągły badać poziomy emisji ww. zanieczyszczeń poprzez próbkowanie nierozcieńczonych spalin. Cykl badania obejmuje szereg faz prędkości obrotowej i momentu obrotowego (obciążenia) reprezentujących typowy zakres roboczy silników Diesla. W czasie każdej fazy mierzy się wartości stężeń każdego z zanieczyszczeń gazowych, natężenie przepływu spalin i moc, a następnie waży uzyskane wyniki (przy użyciu współczynników wagowych albo czasu próbkowania). Próbkę cząstek stałych rozcieńcza się kondycjonowanym powietrzem atmosferycznym. W toku pełnej procedury badania pobiera się jedną próbkę przy pomocy odpowiednich filtrów.

Alternatywnie w przypadku cykli badawczych z fazami dyskretnymi można pobierać próbki na oddzielnych filtrach, po jednym na każdą fazę, i obliczyć wyniki ważone w oparciu o cykl.

Liczbę gramów każdego zanieczyszczenia emitowanego na jedną kilowatogodzinę oblicza się zgodnie z opisem w dodatku 3 do niniejszego załącznika.

## 1.3.2. Badanie NRTC:

Zalecany cykl niestacjonarny, oparty ściśle na warunkach pracy silników Diesla zamontowanych w maszynach niedrogowych, przeprowadza się dwa razy:

- a) pierwszy raz (rozruch zimny) po kondycjonowaniu silnika do temperatury otoczenia, kiedy temperatury czynnika chłodzącego i oleju w silniku, układów oczyszczania spalin i wszystkich pomocniczych urządzeń sterujących silnika ustabilizowały się w przedziale między 20 °C a 30 °C;
- b) drugi raz (rozruch gorący) po dwudziestu minutach wygrzewania, które zaczyna się bezpośrednio po zakończeniu cyklu zimnego rozruchu.

Podczas tej procedury badawczej bada się wyżej wymienione zanieczyszczenia. Procedura badawcza obejmuje cykl zimnego rozruchu po naturalnym lub wymuszonym ochłodzeniu silnika, wygrzewanie oraz cykl gorącego rozruchu, a wynikiem jest obliczenie łącznej wielkości emisji. Wykorzystując sygnały sprzężenia zwrotnego z hamulca dynamometrycznego odnoszące się do momentu obrotowego i prędkości obrotowej silnika, całkuje się moc względem czasu cyklu i w ten sposób określa pracę wytworzoną przez silnik w całym cyklu. Stężenia składników gazowych określa się dla całego cyklu, albo w spalinach nierozcieńczonych przez całkowanie sygnału analizatora spalin zgodnie z dodatkiem 3 do niniejszego załącznika, albo w spalinach rozcieńczonych w układzie rozcieńczania przepływu całkowitego z CVS poprzez całkowanie lub próbkowanie za pomocą worków zgodnie z dodatkiem 3 do niniejszego załącznika. W przypadku cząstek stałych pobiera się na odpowiednim filtrze proporcjonalną próbkę ze spalin rozcieńczonych metodą rozcieńczania przepływu częściowego lub całkowitego. W zależności od zastosowanej metody określa się natężenie przepływu spalin rozcieńczonych lub nierozcieńczonych w całym cyklu w celu obliczenia wartości masowych emisji zanieczyszczeń. Wartości emisji masowych odnosi się do pracy silnika w celu określenia liczby gramów każdego emitowanego zanieczyszczenia w przeliczeniu na kilowatogodzinę.

Emisję (w g/kWh) mierzy się zarówno podczas cyklu zimnego, jak i gorącego rozruchu. Łączne ważone wartości emisji oblicza się poprzez ważenie wyników dla zimnego rozruchu z użyciem współczynnika 10 %, a dla gorącego rozruchu z użyciem współczynnika 90 %. Ważone wyniki emisji łącznych nie mogą przekraczać wartości granicznych.

#### 1.4. Oznaczenia parametrów badań

| Symbol     | Jednostka | Pojęcie   |
|------------|-----------|---|
| $A_p$      | $m^2$     | Pole przekroju poprzecznego sondy izokinetycznej  |
| $A_T$      | $m^2$     | Pole przekroju poprzecznego rury wydechowej   |
| aver       |           | Ważone wartości średnie następujących wielkości:  |
|            | $m^3/h$   | objętościowe natężenie przepływu;   |
|            | kg/h      | masowe natężenie przepływu;   |
|            | g/kWh     | emisje jednostkowe.   |
| $a$        | —         | Stosunek wodoru do węgla w paliwie.   |
| $CI$       | —         | Równoważnik węglowy 1 dla węglowodoru.  |
| $conc$     | ppm       | Stężenie (z przyrostkiem % obj. określającym składnik).   |
| $conc_c$   | ppm       | Stężenie korygowane o stężenie tła. % obj.  |
| $conc_d$   | ppm       | Stężenie powietrza rozcieńczającego. % obj.   |
| $DF$       | —         | Współczynnik rozcieńczenia.   |
| $f_a$      | —         | Laboratoryjny współczynnik powietrza.   |
| $F_{FH}$   | —         | Współczynnik właściwy dla paliwa do przeliczenia suchego stężenia na mokre w odniesieniu do stosunku wodoru do węgla. |
| $G_{AIRW}$ | kg/h      | Masowe natężenie przepływu powietrza dolotowego w stanie mokrym.  |
| $G_{AIRD}$ | kg/h      | Masowe natężenie przepływu powietrza dolotowego w stanie suchym.  |
| $G_{DILW}$ | kg/h      | Masowe natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego w stanie mokrym.  |
| $G_{EDFW}$ | kg/h      | Równoważne masowe natężenie przepływu rozcieńczonych spalin w stanie mokrym.  |
| $G_{EXHW}$ | kg/h      | Masowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym.  |

| Symbol     | Jednostka | Pojęcie   |
|------------|-----------|---|
| $G_{FUEL}$ | kg/h      | Masowe natężenie przepływu paliwa.  |
| $G_{TOTW}$ | kg/h      | Masowe natężenie przepływu rozcieńczonych spalin w stanie mokrym.   |
| $H_{REF}$  | g/kg      | Wartość odniesienia wilgotności bezwzględnej 10,71 g/kg do obliczeń współczynników poprawkowych wilgotności w odniesieniu do $NO_x$ i cząstek stałych.        |
| $H_a$      | g/kg      | Wilgotność bezwzględna powietrza dolotowego.  |
| $H_d$      | g/kg      | Wilgotność bezwzględna powietrza rozcieńczającego.  |
| $i$        | —         | Indeks dolny oznaczania poszczególnych faz.   |
| $K_H$      | —         | Współczynnik korekcji wilgotności dla $NO_x$ .  |
| $K_p$      | —         | Współczynnik korekcji wilgotności dla cząstek stałych.  |
| $K_{W,a}$  | —         | Współczynnik korekcji powietrza dolotowego ze stanu suchego na mokry.   |
| $K_{W,d}$  | —         | Współczynnik korekcji powietrza rozcieńczającego ze stanu suchego na mokry.   |
| $K_{W,e}$  | —         | Współczynnik korekcji spalin rozcieńczonych ze stanu suchego na mokry.  |
| $K_{W,r}$  | —         | Współczynnik korekcji spalin nierozcieńczonych ze stanu suchego na mokry.   |
| $L$        | %         | Procentowy stosunek momentu obrotowego do maksymalnego momentu obrotowego dla badanej prędkości.  |
| $mass$     | g/h       | Indeks dolny oznaczania masowego natężenia przepływu emisji.  |
| $M_{DIL}$  | kg        | Masa próbki powietrza rozcieńczającego przechodzącego przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych.  |
| $M_{SAM}$  | kg        | Masa próbki rozcieńczonych spalin przepuszczonych przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych.  |
| $M_d$      | mg        | Masa zebranej próbki cząstek stałych w powietrzu rozcieńczającym.   |
| $M_f$      | mg        | Masa zebranej próbki cząstek stałych.   |
| $p_a$      | kPa       | Ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu dolotowym (ISO 3046 $p_{sy}$ = PSY ciśnienie otoczenia w czasie badania).   |
| $p_B$      | kPa       | Całkowite ciśnienie barometryczne (ISO 3046: $P_x$ = PX całkowite ciśnienie otoczenia na stanowisku; $P_y$ = PY całkowite ciśnienie otoczenia w badaniu).     |
| $p_d$      | kPa       | Ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu rozcieńczającym.  |
| $p_s$      | kPa       | Ciśnienie atmosferyczne powietrza suchego.  |
| $P$        | kW        | Moc, nieskorygowana i mierzona przy użyciu hamulca dynamometrycznego.   |
| $P_{AE}$   | kW        | Deklarowana całkowita moc pobierana przez urządzenia pomocnicze zamontowane do badania, które nie są wymagane na podstawie pkt 2.1.49 niniejszego regulaminu. |
| $P_M$      | kW        | Maksymalna zmierzona moc przy prędkości badawczej i w warunkach badawczych (zob. załącznik 1A).   |
| $P_m$      | kW        | Moc zmierzona dla poszczególnych faz badania.   |
| $q$        | —         | Stosunek rozcieńczenia.   |
| $r$        | —         | Stosunek przekroju poprzecznego sondy izokinetycznej do przekroju poprzecznego rury wydechowej.   |
| $R_a$      | %         | Wilgotność względna powietrza dolotowego.   |
| $R_d$      | %         | Wilgotność względna powietrza rozcieńczającego.   |
| $R_f$      | —         | Współczynnik odpowiedzi FID.  |
| $S$        | kW        | Nastawa hamulca dynamometrycznego.  |
| $T_a$      | K         | Temperatura bezwzględna powietrza dolotowego.   |
| $T_{Dd}$   | K         | Bezwzględna temperatura punktu rosy.  |

| Symbol          | Jednostka         | Pojęcie   |
|-----------------|-------------------|---|
| $T_{SC}$        | K                 | Temperatura chłodzonego powietrza doładowującego.   |
| $T_{ref}$       | K                 | Temperatura odniesienia (powietrza spalania 298K (25 °C)).  |
| $T_{SCRef}$     | K                 | Temperatura odniesienia chłodzonego powietrza doładowującego.   |
| $V_{AIRD}$      | m <sup>3</sup> /h | Objętościowe natężenie przepływu powietrza dolotowego w stanie suchym.  |
| $V_{AIRW}$      | m <sup>3</sup> /h | Objętościowe natężenie przepływu powietrza dolotowego w stanie mokrym.  |
| $V_{DIL}$       | m <sup>3</sup>    | Objętość próbki powietrza rozcieńczającego przepuszczonego przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych. |
| $V_{DILW}$      | m <sup>3</sup> /h | Objętościowe natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego w stanie mokrym.                                  |
| $V_{EDFW}$      | m <sup>3</sup> /h | Równoważne objętościowe natężenie przepływu rozcieńczonych spalin w stanie mokrym                             |
| $V_{EXHD}$      | m <sup>3</sup> /h | Objętościowe natężenie przepływu spalin w stanie suchym.  |
| $V_{EXHW}$      | m <sup>3</sup> /h | Objętościowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym.  |
| $V_{SAM}$       | m <sup>3</sup>    | Objętość próbki przechodzącej przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych.                              |
| $V_{TOTW}$      | m <sup>3</sup> /h | Objętościowe natężenie przepływu rozcieńczonych spalin w stanie mokrym.                                       |
| WF              | —                 | Współczynnik wagowy.  |
| WF <sub>E</sub> | —                 | Efektywny współczynnik wagowy.  |

## 2. WARUNKI BADANIA

### 2.1. Wymagania ogólne

Wszystkie objętości i wartości objętościowego natężenia przepływu odnosi się do 273 K (0 °C) and 101,3 kPa.

### 2.2. Warunki badania silnika

#### 2.2.1. Mierzy się temperaturę bezwzględną $T_a$ powietrza dolotowego w silniku, wyrażaną w stopniach Kelvina, i ciśnienie atmosferyczne powietrza suchego $p_s$ , wyrażane w kPa, i wyznacza się parametr $f_a$ zgodnie z następującymi przepisami:

Silniki wolnossące i z doładowaniem mechanicznym:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \cdot \left(\frac{T}{298}\right)^{0,7}$$

Silniki turbodoładowane z chłodzeniem powietrza dolotowego lub bez takiego chłodzenia:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{T}{298}\right)^{1,5}$$

#### 2.2.2. Ważność badania

Aby badanie zostało uznane za ważne, parametr  $f_a$  musi wynosić:

$$0,96 \leq f_a \leq 1,06$$

#### 2.2.3. Silniki z chłodzeniem powietrza doładowującego

Odnotowuje się temperaturę powietrza doładowującego, która przy zadeklarowanej prędkości znamionowej i pełnym obciążeniu nie może różnić się o więcej niż  $\pm 5$  K od maksymalnej temperatury powietrza doładowującego określonej przez producenta. Temperatura chłodziwa musi wynosić przynajmniej 293 K (20 °C).

Jeżeli stosuje się układ stanowiska badawczego lub dmuchawę zewnętrzną, to ustawiona temperatura powietrza doładowującego nie może różnić się o więcej niż  $\pm 5$  K od maksymalnej temperatury powietrza doładowującego określonej przez producenta dla prędkości obrotowej właściwej dla zadeklarowanej maksymalnej mocy i pełnego obciążenia. Temperatura i natężenie przepływu płynu chłodzącego w chłodnicy powietrza doładowującego w wyżej ustalonym punkcie nie mogą być zmieniane przez cały cykl badania. Pojemność chłodnicy powietrza doładowującego musi być zgodna z właściwą oceną techniczną i typowymi zastosowaniami pojazdu/maszyny.

Chłodnicę powietrza doładowującego można też ustawić zgodnie z dokumentem SAE J 1937 opublikowanym w styczniu 1995 r.

2.3. Układ dolotowy powietrza do silnika

Silnik do badań musi być wyposażony w układ dolotowy o oporze przepływu nie różniącym się o więcej niż  $\pm 300$  Pa od wartości podanej przez producenta dla czystego filtra powietrza i takich warunków pracy silnika określonych przez producenta, które zapewniają największy przepływ powietrza. Opór ustala się dla prędkości znamionowej i pełnego obciążenia. Można użyć układu stanowiskowego, pod warunkiem że odwzorowuje on rzeczywiste warunki eksploatacji silnika.

2.4. Układ wydechowy silnika

Silnik do badań musi być wyposażony w układ wydechowy o przeciwcisnieniu spalin nieróżniącym się o więcej niż  $\pm 650$  Pa od wartości podanej przez producenta dla takich warunków pracy silnika, które zapewniają maksymalną zadeklarowaną moc.

Jeżeli silnik wyposażony jest w urządzenie do oczyszczania spalin, rura wydechowa na odcinku o długości równej co najmniej czterem średnicom, powyżej wlotu do początkowej części komory rozprężnej zawierającej to urządzenie, powinna mieć taką samą średnicę, jaka występuje w eksploatacji. Odległość od kołnierza kolektora wydechowego spalin lub wylotu turbosprężarki do urządzenia oczyszczającego musi być taka sama jak w konfiguracji maszyny lub mieścić się w specyfikacji odległości podanej przez producenta. Przeciwcisnienie spalin lub opory przepływu muszą spełniać takie same kryteria jak podane powyżej i mogą być ustalane za pomocą zaworu. Pojemnik z urządzeniem oczyszczającym można zdjąć podczas badania wstępnego (z użyciem makiet) oraz podczas wykonywania charakterystyki odwzorowującej i zastąpić równoważnym pojemnikiem, nieaktywnym pod względem katalitycznym.

2.5. Układ chłodzenia

Producent określa układ chłodzenia silnika o wydajności wystarczającej do utrzymania silnika w granicach normalnej temperatury roboczej.

2.6. Olej smarowy

Specyfikacje oleju smarowego użytego podczas badania odnotowuje się i przedstawia wraz z wynikami badania.

2.7. Paliwo użyte w badaniu

Paliwem jest paliwo wzorcowe określone w załączniku 6 dla odpowiedniego zakresu mocy:

tabela 1 w załączniku 6 dla zakresów mocy od D do G,

tabela 2 w załączniku 6 dla zakresów mocy od H do K,

tabela 3 w załączniku 6 dla zakresów mocy od L do P.

Dla zakresów mocy od H do K można ewentualnie zastosować paliwo wzorcowe określone w tabeli 1 w załączniku 6.

Liczbę cetanową i zawartość siarki w paliwie wzorcowym zastosowanym do badania odnotowuje się w pkt 1.1 dodatku 1 do załącznika 2.

Temperatura paliwa na wejściu pompy wtryskowej musi wynosić 306–316 K (33–43 °C).

3. PRZEBIEG BADANIA (BADANIE NRSC)

3.1. Określenie ustawień hamulca dynamometrycznego

Podstawą pomiarów emisji jednostkowych jest niekorygowana moc mierzona przy użyciu hamulca dynamometrycznego zgodnie z regulaminem nr 120.

Podczas badania muszą być zamontowane urządzenia pomocnicze niezbędne do działania silnika zgodnie z wymaganiami załącznika 7.

Jeżeli urządzenia pomocnicze nie zostały zdemonstrowane, należy określić moc pobieraną przez te urządzenia przy prędkościach badawczych w celu obliczenia ustawień hamulca dynamometrycznego, z wyjątkiem silników, gdzie takie urządzenia stanowią integralną część silnika (np. dmuchawa chłodząca dla silników chłodzonych powietrzem).

Opór powietrza dolotowego i przeciwcisnienie spalin w rurze wydechowej ustawia się w górnych granicach określonych przez producenta, zgodnie z pkt 2.3 i 2.4.



Należy eksperymentalnie wyznaczyć maksymalne wartości momentu obrotowego przy zadanych prędkościach badawczych w celu obliczenia wartości momentu obrotowego dla danych faz badania. Dla silników nieprzygotowanych do pracy w danym zakresie prędkości na krzywej momentu z pełnym obciążeniem maksymalna wartość momentu obrotowego przy prędkościach badawczych jest określana przez producenta.

Ustawienia silnika dla każdej fazy badania oblicza się za pomocą następującego wzoru:

$$S = \left( (P_M + P_{AE}) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{AE}$$

Jeżeli stosunek

$$\frac{P_{AE}}{P_M} \approx 0,03$$

to wartość  $P_{AE}$  może zostać sprawdzona przez organ udzielający homologacji typu.

### 3.2. Przygotowanie filtrów do pobierania próbek

Przynajmniej na godzinę przed badaniem każdy filtr (parę filtrów) umieszcza się w zamkniętej, ale nieuszczelnionej szalce Petriego w komorze wagowej w celu ustabilizowania. Po zakończeniu okresu stabilizacji każdy z filtrów (parę filtrów) należy zważyć i odnotować tarę. Następnie filtr (parę filtrów) umieszcza się w zamkniętej szalce Petriego lub uszczelnionej obsadce filtra do chwili rozpoczęcia badania. Jeżeli filtr (para filtrów) nie zostanie użyty w ciągu ośmiu godzin od wyjęcia z komory wagowej, filtr ponownie waży się przed użyciem.

### 3.3. Instalacja urządzeń pomiarowych

Wyposażenie pomiarowe i sondy do próbkowania instaluje się stosownie do potrzeb. Jeżeli do rozcieńczania przepływu spalin używa się układu rozcieńczania przepływu całkowitego, układ należy połączyć z rurą wydechową.

### 3.4. Uruchamianie układu rozcieńczania i silnika

Układ rozcieńczania oraz silnik należy uruchomić i rozgrzać, aż wszystkie wartości temperatury i ciśnienia ustabilizują się przy pełnym obciążeniu i prędkości znamionowej (pkt 3.6.2).

### 3.5. Regulacja stosunku rozcieńczenia

Należy włączyć układ próbkowania cząstek stałych i przełączyć go na stan pracy w obwodzie bocznikowym w przypadku metody jednofiltrowej (nieobowiązkowe dla metody wielofiltrowej). Poziom tła cząstek stałych w powietrzu rozcieńczającym można wyznaczyć poprzez przepuszczenie powietrza rozcieńczającego przez filtry cząstek stałych. Jeżeli używa się przefiltrowanego powietrza rozcieńczającego, można wykonać jeden pomiar w dowolnym czasie przed badaniem, w czasie jego trwania lub po badaniu. Jeżeli powietrze rozcieńczające nie jest filtrowane, pomiar wykonuje się na jednej próbce pobranej podczas całego badania.

Powietrze rozcieńczające ustawia się tak, aby uzyskać temperaturę powierzchni filtra zawartą między 315 K (42 °C) a 325 K (52 °C) dla każdej fazy. Całkowity stosunek rozcieńczenia nie może być mniejszy niż cztery.

*Uwaga:* W przypadku zakresów mocy do K włącznie przy stosowaniu cykli z fazami dyskretnymi wystarczy, aby temperaturę filtra utrzymywać na poziomie nie większym niż temperatura maksymalna 325 K (52 °C); nie trzeba przestrzegać zakresu temperatury od 42 °C do 52 °C.

W przypadku metod jedno- i wielofiltrowych masowe natężenie przepływu próbki przez filtr należy utrzymywać w stałym stosunku do masowego natężenia przepływu rozcieńczonych spalin dla systemów rozcieńczania przepływu całkowitego w odniesieniu do wszystkich faz. Ten stosunek masowy nie może się różnić od średniej wartości dla danej fazy o więcej niż ±5 %, z wyjątkiem pierwszych 10 s każdej fazy dla systemów bez układu bocznikowego. W przypadku systemów z rozcieńczeniem przepływu częściowego i metodą jednofiltrową masowe natężenie przepływu przez filtr musi być stałe i równe średniej wartości dla danej fazy z dokładnością do ±5 %, z wyjątkiem pierwszych 10 s każdej fazy dla systemów bez układu bocznikowego.

Dla układów wykorzystujących do kontroli rozcieńczenia pomiar stężenia CO<sub>2</sub> lub NO<sub>x</sub> stężenie CO<sub>2</sub> lub NO<sub>x</sub> w powietrzu rozcieńczającym musi zostać zmierzone na początku i na końcu każdego badania. Różnice wartości stężeń tła CO<sub>2</sub> lub NO<sub>x</sub> w powietrzu rozcieńczającym zmierzonych przed i po badaniu muszą się mieścić w granicach odpowiednio 100 ppm lub 5 ppm.

W przypadku stosowania układu analizy rozcieńczonych gazów spalinowych odpowiednie stężenia tła określa się poprzez pobieranie próbek powietrza rozcieńczającego do worka w trakcie całej sekwencji badań.

Pomiar ciągły stężenia tła (nie workowy) może być wykonywany co najmniej w trzech punktach, na początku, na końcu oraz w pobliżu środka cyklu, a następnie uśredniony. Na żądanie producenta pomiary tła mogą zostać pominięte.

### 3.6. Sprawdzanie analizatorów

Analizatory emisji należy ustawić na wartość zerową i punkt końcowy zakresu pomiarowego.

### 3.7. Cykl badania

#### 3.7.1. Specyfikacja maszyn zgodnie z pkt 1.1–1.3:

##### 3.7.1.1. Specyfikacja A

W przypadku silników objętych pkt 1.1 i 1.2 niniejszego regulaminu stosuje się cykl 8-fazowy z fazami dyskretnymi<sup>(1)</sup> opisany w pkt 1.1 lit. a) załącznika 5, przy badanym silniku zamontowanym na stanowisku dynamometrycznym.

Opcjonalnie można zastosować odpowiedni 9-fazowy cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami, opisany w pkt 1.2 lit. a) załącznika 5. W takim przypadku cykl przeprowadza się zgodnie z pkt 7.8.2 załącznika 4B, zamiast procedur opisanych w pkt 3.7.2–3.7.6.

##### 3.7.1.2. Specyfikacja B

W przypadku silników objętych pkt 1.3 niniejszego regulaminu stosuje się cykl 5-fazowy z fazami dyskretnymi<sup>(2)</sup> opisany w pkt 1.1 lit. b) załącznika 5, przy badanym silniku zamontowanym na stanowisku dynamometrycznym.

Opcjonalnie można zastosować 5-fazowy cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami, opisany w pkt 1.2 lit. b) załącznika 5. W takim przypadku cykl przeprowadza się zgodnie z pkt 7.8.2 załącznika 4B, zamiast procedur opisanych w pkt 3.7.2–3.7.6.

Wartości obciążenia są wyrażone jako procentowe wartości momentu obrotowego odpowiadającego podstawowej mocy znamionowej zdefiniowanej jako maksymalna moc możliwa do uzyskania podczas zmiennej sekwencji mocy, którą można uzyskiwać w czasie nielimitowanej liczby godzin pracy w ciągu roku, między ustalonymi przeglądami technicznymi i w podanych warunkach otoczenia, przy konserwacji prowadzonej według zaleceń producenta.

#### 3.7.2. Kondycjonowanie silnika

Rozgrzanie silnika i układu przeprowadza się przy maksymalnej prędkości obrotowej i momencie obrotowym w celu ustabilizowania parametrów silnika zgodnie z zaleceniem producenta.

*Uwaga:* okres kondycjonowania powinien również zapobiegać wpływowi pozostałości z poprzedniego badania w układzie wydechowym. Wymagany jest także okres stabilizacji między punktami badania, przewidziany dla zminimalizowania oddziaływań między jednym punktem a drugim.

#### 3.7.3. Sekwencja badania

Uruchamia się sekwencję badania. Badanie wykonuje się w kolejności faz określonej powyżej dla cykli badania.

W czasie każdej fazy danego cyklu badawczego po zakończeniu początkowego okresu przejściowego podaną prędkość obrotową należy utrzymywać w zakresie  $\pm 1\%$  prędkości znamionowej lub  $\pm 3 \text{ min}^{-1}$ , w zależności od tego, która jest większa, za wyjątkiem niskiej prędkości biegu jałowego, którą należy utrzymywać w granicach tolerancji określonych przez producenta. Podany moment obrotowy należy utrzymywać na takim poziomie, aby jego średnia w okresie wykonywania pomiarów nie różniła się o więcej niż  $\pm 2\%$  od maksymalnego momentu obrotowego przy danej prędkości badawczej.

Dla każdego punktu pomiarowego wymagane jest co najmniej dziesięć minut. Jeżeli w przypadku badania silnika konieczne są dłuższe czasy próbkowania, aby uzyskać wystarczającą masę cząstek stałych na filtry pomiarowym, czas fazy badania można wydłużyć w razie potrzeby.

Długość fazy należy odnotować i umieścić w sprawozdaniu;

Wartości stężeń emisji gazowych z wydechu mierzy się i zapisuje w czasie ostatnich trzech minut fazy.

Pobieranie próbek cząstek stałych oraz pomiary emisji gazowych należy rozpocząć po zakończeniu stabilizacji silnika określonej przez producenta oraz należy je zakończyć jednocześnie.

Temperaturę paliwa mierzy się na wlocie paliwowej pompy wtryskowej lub zgodnie z zaleceniami producenta oraz zapisuje miejsce pomiaru.

#### 3.7.4. Odpowiedź analizatora

Sygnały wyjściowe z analizatorów rejestruje się na taśmie rejestratora lub mierzy za pomocą równoważnego układu pozyskiwania danych, przepuszczając spaliny przez analizatory co najmniej przez ostatnie trzy minuty każdej fazy. Jeżeli do pomiaru rozcieńczonego CO i CO<sub>2</sub> stosowany jest pobieracz workowy próbek (zob. pkt 1.4.4 dodatku 1 do załącznika 4A), próbkę pobiera się do worka w ciągu ostatnich trzech minut każdej fazy, a następnie analizuje i zapisuje.

<sup>(1)</sup> Identyczny z cyklem C1 opisany w pkt 8.3.1.1 normy ISO 8178-4:2007 (sprost. 2008 r.).

<sup>(2)</sup> Identyczny z cyklem D2 opisany w pkt 8.4.1 normy ISO 8178-4:2007 (sprost. 2008 r.).

## 3.7.5. Pobieranie próbek cząstek stałych

Pobieranie próbek cząstek stałych wykonuje się za pomocą metody jednofiltrowej albo wielofiltrowej (pkt 1.5 dodatku 1 do załącznika 4A). Ponieważ wyniki tych metod mogą się od siebie nieco różnić, w wynikach należy określić zastosowaną metodę.

W przypadku metody jednofiltrowej podczas próbkowania należy uwzględnić współczynniki wagowe dla każdej z faz określone w procedurze cyklu badawczego, poprzez ustawienie, odpowiednio, natężenia przepływu próbki lub czasu próbkowania.

Próbkowanie należy przeprowadzać w każdej fazie możliwie najpóźniej. Czas próbkowania dla każdej z faz musi wynosić co najmniej 20 s dla metody jednofiltrowej i co najmniej 60 s dla metody wielofiltrowej. W przypadku układów bez bocznikowania czas próbkowania dla każdej z faz musi wynosić co najmniej 60 s dla obydwu metod, jednofiltrowej i wielofiltrowej.

## 3.7.6. Warunki pracy silnika

Dla każdej fazy po ustabilizowaniu się silnika mierzy się prędkość obrotową i obciążenie silnika, temperaturę powietrza dolotowego, natężenie przepływu paliwa i natężenie przepływu powietrza lub spalin.

Jeżeli pomiar natężenia przepływu spalin lub zużycia powietrza do spalania lub paliwa jest niemożliwy, można je obliczyć za pomocą metody bilansowania węgla i tlenu (zob. pkt 1.2.3 dodatku 1 do załącznika 4A).

Odnotowuje się wszelkie dodatkowe dane niezbędne do przeprowadzenia obliczeń (zob. pkt 1.1 i 1.2 dodatku 3 do załącznika 4A).

## 3.8. Ponowne sprawdzanie analizatorów

Po badaniu emisji do ponownego sprawdzenia analizatora używa się gazu zerowego i tego samego gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego. Badanie uznaje się za ważne, jeżeli różnica między obydwoimi wynikami pomiarów jest mniejsza niż 2 %.

## 4. PRZEBIEG BADANIA (BADANIE NRTC)

## 4.1. Wprowadzenie

Cykl niestacjonarny dla maszyn niedrogowych (NRTC) jest podany w załączniku 5 w formie sekwencji znormalizowanych wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego przedstawionych w odstępach jednosekundowych, stosowanej dla wszystkich silników Diesla objętych niniejszym regulaminem. W celu wykonania badania na hamowni silników wartości znormalizowane należy przeliczyć na rzeczywiste wartości dla konkretnego badanego silnika w oparciu o charakterystykę odwzorowania silnika. Przeliczenie to określane jest mianem denormalizacji, a uzyskany w ten sposób cykl badania określa się jako cykl odniesienia dla badanego silnika. Cykl o tak określonych wartościach odniesienia prędkości obrotowej i momentu obrotowego jest odtwarzany na stanowisku badawczym, przy czym rejestruje się sygnały sprzężenia zwrotnego prędkości obrotowej i momentu obrotowego. W celu walidacji przebiegu badania przeprowadza się po jego zakończeniu analizę regresji między wartościami odniesienia i sygnału sprzężenia zwrotnego prędkości obrotowej i momentu obrotowego.

4.1.1. Zabrania się stosowania urządzeń ograniczających skuteczność działania, nieracjonalnego sterowania lub nieracjonalnej strategii ograniczania emisji.

## 4.2. Procedura odwzorowania charakterystyki silnika

W przypadku odtwarzania badania NRTC na stanowisku badawczym odwzorowuje się przed wykonaniem cyklu charakterystykę momentu obrotowego silnika w funkcji jego prędkości obrotowej.

## 4.2.1. Określanie zakresu prędkości obrotowych przy odwzorowaniu charakterystyki

Minimalne i maksymalne prędkości obrotowe przy odwzorowaniu są określone poniżej:

|   |   |  |
|---|---|--|
| Minimalna prędkość obrotowa odwzorowania  | = | prędkość biegu jałowego  |
| Maksymalna prędkość obrotowa odwzorowania | = | $n_{hi} \times 1,02$ lub prędkość obrotowa, przy której moment obrotowy przy pełnym obciążeniu spada do zera, w zależności od tego, która prędkość jest mniejsza (gdzie $n_{hi}$ to wysoka prędkość obrotowa, zdefiniowana jako największa prędkość obrotowa silnika, przy której uzyskuje się 70 % mocy znamionowej). |

## 4.2.2. Krzywa odwzorowania charakterystyki silnika

Silnik należy rozgrzać przy maksymalnej mocy w celu ustabilizowania parametrów silnika zgodnie z zaleceniami producenta oraz właściwą oceną techniczną. Po stabilizacji należy przeprowadzić odwzorowanie charakterystyki zgodnie z procedurami podanymi niżej.

## 4.2.2.1. Odwzorowanie charakterystyki w warunkach niestacjonarnych

a) Silnik pracuje na biegu jałowym bez obciążenia.

b) Silnik pracuje przy ustawieniu pompy wtryskowej odpowiadającemu pełnemu obciążeniu przy minimalnej prędkości obrotowej odwzorowania.

- c) Prędkość obrotową silnika zwiększa się ze średnim przyspieszeniem  $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$  od minimalnej do maksymalnej prędkości odwzorowania. Prędkość obrotowa silnika i moment obrotowy są rejestrowane z częstotliwością próbkowania wynoszącą co najmniej jeden punkt na sekundę.

#### 4.2.2.2. Odwzorowanie skokowe

- a) Silnik pracuje na biegu jałowym bez obciążenia.
- b) Silnik pracuje przy ustawieniu pompy wtryskowej odpowiadającemu pełnemu obciążeniu przy minimalnej prędkości obrotowej odwzorowania.
- c) Utrzymując pełne obciążenie, minimalną prędkość obrotową odwzorowania utrzymuje się przez co najmniej 15 s i zapisuje średni moment obrotowy w czasie ostatnich 5 s. Krzywą maksymalnego momentu obrotowego określa się w zakresie od minimalnej do maksymalnej prędkości obrotowej odwzorowania przy skokach prędkości nie większych niż  $100 \pm 20 \text{ min}^{-1}$ . Każdy punkt pomiarowy utrzymuje się przez co najmniej 15 s i zapisuje średni moment obrotowy w czasie ostatnich 5 s.

#### 4.2.3. Tworzenie krzywej odwzorowania

Wszystkie wartości zarejestrowane zgodnie z pkt 4.2.2 należy połączyć ze sobą, stosując zasadę interpolacji liniowej. Otrzymana krzywa momentu obrotowego stanowi krzywą odwzorowania i należy ją stosować do zamiany znormalizowanych wartości momentu obrotowego podanych w tabeli cyklu pracy silnika na stanowisku dynamometrycznym w załączniku 5 na wartości rzeczywiste momentu obrotowego dla cyklu badania w sposób opisany w pkt 4.3.3.

#### 4.2.4. Odmienne sposoby odwzorowania

Jeżeli producent uważa, że powyższe techniki odwzorowania nie są bezpieczne lub nie są reprezentatywne dla danego silnika, możliwe jest wykorzystanie innych technik odwzorowania. Te odmienne sposoby muszą spełniać cel opisanej procedury odwzorowania, którym jest określenie maksymalnego dostępnego momentu obrotowego przy wszystkich prędkościach obrotowych występujących w cyklach badania. Odstępstwa od technik odwzorowania określonych w niniejszym punkcie wprowadzone ze względów bezpieczeństwa lub reprezentatywności muszą zostać zatwierdzone przez zainteresowane strony z podaniem uzasadnienia ich zastosowania. W żadnym przypadku krzywa momentu obrotowego nie może być jednak określana przy malejącej prędkości obrotowej dla silników wyposażonych w regulator prędkości obrotowej lub turbodoładowanych.

#### 4.2.5. Badania powtórne

Nie ma potrzeby odwzorowywania charakterystyki silnika przed każdym cyklem badania. Charakterystykę silnika należy powtórnie odwzorować przed cyklem badania, jeżeli:

- a) według oceny technicznej od ostatniego odwzorowania upłynął nadmiernie długi czas; lub
- b) w silniku wprowadzono zmiany fizyczne lub regulacje, co mogło wpłynąć na osiągi silnika.

### 4.3. Określenie cyklu odniesienia dla badania

#### 4.3.1. Prędkość obrotowa odniesienia

Prędkość obrotowa odniesienia ( $n_{\text{ref}}$ ) odpowiada 100 % wartości prędkości znormalizowanej określonej w programie badania silnika na stanowisku hamulcowym w załączniku 5. Rzeczywisty cykl wynikający z denormalizacji prędkości obrotowej odniesienia zależy w dużym stopniu od właściwego wyboru prędkości odniesienia. Prędkość obrotową odniesienia określa się w podany niżej sposób:

$$n_{\text{ref}} = \text{niska prędkość obrotowa} + 0,95 (\text{wysoka prędkość obrotowa} - \text{niska prędkość obrotowa})$$

(Wysoka prędkość obrotowa to największa prędkość obrotowa, przy której silnik wytwarza 70 % mocy znamionowej, zaś niska prędkość obrotowa to najmniejsza prędkość obrotowa, przy której silnik wytwarza 50 % mocy znamionowej).

Jeżeli zmierzona prędkość odniesienia nie różni się o więcej niż  $\pm 3 \%$  od prędkości odniesienia podanej przez producenta, deklarowana prędkość odniesienia może zostać wykorzystana do badania poziomu emisji. Jeżeli tolerancja zostanie przekroczona, do badania poziomu emisji wykorzystuje się zmierzoną prędkość obrotową odniesienia. (Jest to zgodne z normą ISO 8178-11:2006.)

#### 4.3.2. Denormalizacja prędkości obrotowej silnika

Prędkość obrotową należy zdenormalizować, używając następującego równania:

$$\text{ActualSpeed} = \frac{\%speed}{100} \cdot (\text{referencespeed} - \text{idlespeed}) + \text{idlespeed}$$

#### 4.3.3. Denormalizacja momentu obrotowego silnika

Wartości momentu obrotowego określone w programie badania silnika na stanowisku hamulcowym w załączniku 5 są znormalizowane w odniesieniu do maksymalnego momentu obrotowego przy danej prędkości obrotowej. Wartości momentu obrotowego cyklu odniesienia należy zdenormalizować w następujący sposób, stosując krzywą odwzorowania określoną zgodnie z pkt 4.2.2:

$$\text{Actualtorque} = \frac{\%torque}{100} \cdot \text{max.torque}$$

dla odnośnej rzeczywistej prędkości obrotowej określonej w pkt 4.3.2.

#### 4.3.4. Przykład procedury denormalizacji

W ramach przykładu zdenormalizowany zostanie następujący punkt badania:

% prędkości= 43 %

% momentu obrotowego= 82 %

Przy następujących wartościach:

prędkość odniesienia= 2 200 min<sup>-1</sup>

prędkość biegu jałowego= 600 min<sup>-1</sup>

daje to:

$$\text{ActualSpeed} = \frac{43}{100} \cdot (2\,200 - 600) + 600 = 1\,288 \text{ min}^{-1}$$

gdzie maksymalny moment obrotowy określony z krzywej odwzorowania przy 1 288 min<sup>-1</sup> wynosi 700 Nm.

$$\text{Actualtorque} = \frac{82}{100} \cdot 700 = 574 \text{ Nm}$$

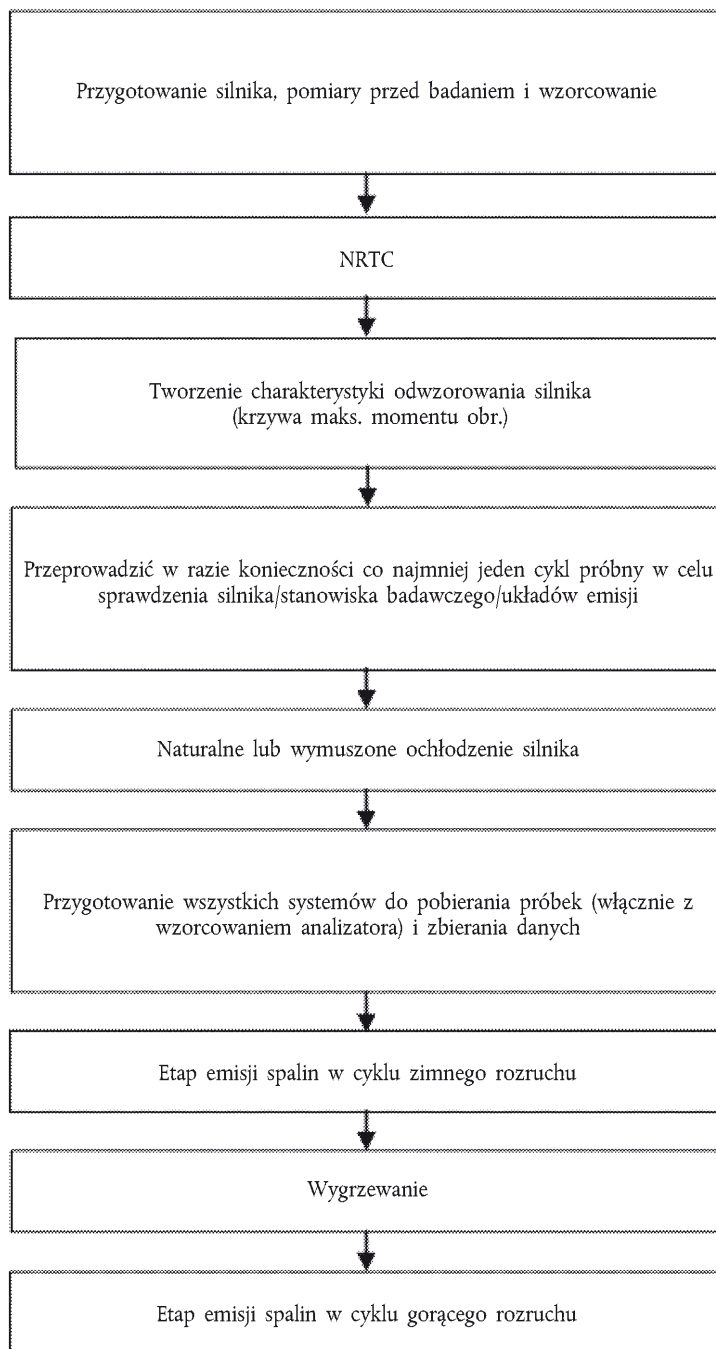
#### 4.4. Hamulec dynamometryczny

4.4.1. Przy zastosowaniu czujnika siły sygnał momentu obrotowego przenoszony jest na oś silnika, przy czym należy uwzględnić bezwładność hamulca dynamometrycznego. Rzeczywisty moment obrotowy silnika to moment odczytany na czujniku siły, powiększony o moment bezwładności hamulca i pomnożony przez przyspieszenie kątowe. Układ sterowania musi wykonywać te obliczenia w czasie rzeczywistym.

4.4.2. Jeżeli silnik jest badany przy użyciu hamulca dynamometrycznego wiroprądowego, zaleca się, aby liczba punktów, dla których różnica  $T_{sp} - 2 \cdot \pi \cdot \dot{n}_{sp} \cdot \Theta_D$  jest mniejsza niż - 5 % szczytowego momentu obrotowego, nie była większa niż 30 (gdzie  $T_{sp}$  to wymagany moment obrotowy,  $\dot{n}_{sp}$  to pochodna prędkości obrotowej silnika, a  $\Theta_D$  to bezwładność w ruchu obrotowym hamulca dynamometrycznego wiroprądowego).

#### 4.5. Przebieg badania poziomu emisji

Podany niżej schemat blokowy przedstawia sekwencję badawczą:



W celu sprawdzenia silnika, stanowiska badawczego i układów emisji przed cyklem pomiarowym można w razie konieczności wykonać jeden lub więcej cykli próbnych.

#### 4.5.1. Przygotowanie filtrów do pobierania próbek

Przynajmniej na godzinę przed badaniem każdy z filtrów należy umieścić na szalce Petriego, zabezpieczonej przed zanieczyszczeniami pyłowymi i umożliwiającej wymianę powietrza, oraz włożyć do komory wagowej w celu ustabilizowania. Po zakończeniu okresu stabilizacji należy zważyć każdy filtr i zapisać masę. Następnie filtry należy przechowywać w zamkniętej szalce Petriego lub w uszczelnionej obsadce filtra do chwili rozpoczęcia badania. Filtr należy wykorzystać w ciągu ośmiu godzin od wyjęcia z komory wagowej. Należy odnotować tarę.

#### 4.5.2. Instalacja urządzeń pomiarowych

Wyposażenie pomiarowe i sondy do próbkowania instaluje się stosownie do potrzeb. W przypadku zastosowania układu rozcieńczania przepływu całkowitego należy do niego podłączyć przewód wylotowy.

#### 4.5.3. Uruchomienie układu rozcieńczania spalin

Należy uruchomić układ rozcieńczania. Przepływ całkowity rozcieńczonych spalin w układzie rozcieńczania przepływu całkowitego lub przepływ rozcieńczonych spalin przez układ rozcieńczania przepływu częściowego należy tak ustawić, aby wyeliminować skraplanie wody w układzie oraz uzyskać temperaturę powierzchni filtra między 315 K (42 °C) a 325 K (52 °C).

#### 4.5.4. Uruchamianie układu próbkowania cząstek stałych

Należy włączyć układ próbkowania cząstek stałych i przełączyć go na przepływ przez układ boczny. Poziom tła cząstek stałych w powietrzu rozcieńczającym można wyznaczyć poprzez próbkowanie powietrza rozcieńczającego przed wprowadzeniem spalin do tunelu rozcieńczającego. Jeżeli dostępny jest inny układ próbkowania cząstek stałych, to preferowane jest, by próbka cząstek stałych zawartych w tle została zebrana podczas cyklu niestacjonarnego. W przeciwnym razie można wykorzystać układ próbkowania cząstek stałych stosowany do pobierania cząstek stałych w cyklu niestacjonarnym. Jeżeli używa się przefiltrowanego powietrza rozcieńczającego, przed lub po badaniu można wykonać jeden pomiar. Jeżeli powietrze rozcieńczające nie jest filtrowane, pomiary należy przeprowadzić przed rozpoczęciem i po zakończeniu cyklu, zaś wartości należy uśrednić.

#### 4.5.5. Sprawdzanie analizatorów

Analizatory emisji należy ustawić na wartość zerową i punkt końcowy zakresu pomiarowego. Jeżeli stosuje się worki do pobierania próbki, należy je opróżnić.

#### 4.5.6. Wymagania dotyczące procedury ochładzania

Można zastosować procedurę naturalnego lub wymuszonego chłodzenia. W przypadku wymuszonego chłodzenia stosuje się właściwą ocenę techniczną w celu przygotowania układu nawiewającego chłodzące powietrze w stronę silnika, tłoczącego zimny olej przez układ smarowania silnika, odprowadzającego ciepło z płynu chłodzącego w układzie chłodzenia silnika oraz odprowadzającego ciepło z układu oczyszczania spalin. W przypadku wymuszonego chłodzenia układu oczyszczania spalin powietrze chłodzące nie może być zastosowane, dopóki układ nie ochłodzi się poniżej swojej temperatury aktywacji katalizatora. Niedozwolone są wszelkie procedury chłodzenia, w wyniku których poziom emisji silnika nie jest reprezentatywny.

Badanie emisji spalin podczas cyklu zimnego rozruchu może się rozpocząć po ochłodzeniu dopiero wtedy, gdy temperatura oleju silnikowego, czynnika chłodzącego i układu oczyszczania spalin ustabilizuje się w przedziale między 20 °C a 30 °C przez co najmniej piętnaście minut.

#### 4.5.7. Przebieg cyklu

##### 4.5.7.1. Cykl zimnego rozruchu

Sekwencję badania rozpoczyna się cyklem zimnego rozruchu po zakończeniu ochładzania, kiedy spełnione są wszystkie wymagania przedstawione w pkt 4.5.6.

Silnik należy uruchomić zgodnie z procedurą rozruchu zaleconą przez producenta w instrukcji obsługi, z wykorzystaniem rozrusznika produkcyjnego lub hamulca dynamometrycznego.

Niezwłocznie po stwierdzeniu uruchomienia silnika należy uruchomić czasomierz pracy na biegu jałowym. Silnik pozostawia się na biegu jałowym bez obciążenia przez 23 ± 1 s. Następnie należy rozpocząć cykl niestacjonarny w taki sposób, by pierwszy zapis dotyczący pracy silnika pod obciążeniem pojawił się po upływie 23 ± 1 s. Czas pracy na biegu jałowym zawiera się w czasie 23 ± 1 s.

Badanie przeprowadza się zgodnie z cyklem odniesienia określonym w załączniku 5. Instrukcje do ustawiania punktów prędkości obrotowej i momentu obrotowego muszą być wydawane z częstotliwością 5 Hz (zaleca się 10 Hz) lub większą. Wartości ustawienia w tych punktach oblicza się na zasadzie interpolacji liniowej między wartościami w punktach o częstotliwości 1 Hz w cyklu odniesienia. Sygnały sprzężenia zwrotnego prędkości obrotowej i momentu obrotowego należy rejestrować podczas cyklu badawczego co najmniej jeden raz na sekundę, przy czym sygnały te mogą być filtrowane elektronicznie.

##### 4.5.7.2. Odpowiedź analizatora

W momencie uruchomienia silnika należy jednocześnie uruchomić urządzenia pomiarowe:

- rozpocząć gromadzenie lub analizę powietrza rozcieńczającego w przypadku stosowania układu rozcieńczania przepływu całkowitego;
- rozpocząć gromadzenie lub analizę nierozcieńczonych lub rozcieńczonych spalin, zależnie od stosowanej metody;
- rozpocząć pomiar ilości rozcieńczonych spalin oraz wymaganych temperatur i ciśnień;
- rozpocząć pomiar masowego natężenia przepływu spalin w przypadku stosowania analizy nierozcieńczonych gazów spalinowych;
- rozpocząć rejestrowanie danych sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego hamulca dynamometrycznego.

Jeżeli stosuje się pomiar nierozcieńczonych spalin, stężenia emisji (węglowodorów, CO i NO<sub>x</sub>) oraz masowe natężenie przepływu spalin mierzy się w sposób ciągły i wprowadza do pamięci układu komputerowego z częstotliwością co najmniej 2 Hz. Wszystkie pozostałe dane można rejestrować z częstością próbkowania co najmniej 1 Hz. W przypadku analizatorów analogowych rejestruje się odpowiedź, a dane wzorcowania można zastosować w trybie online lub offline podczas analizy danych.

Jeżeli stosuje się układ rozcieńczania przepływu całkowitego, stężenie węglowodorów i  $\text{NO}_x$  mierzy się w sposób ciągły w tunelu rozcieńczającym z częstotliwością co najmniej 2 Hz. Stężenia średnie wyznacza się poprzez całkowanie sygnałów analizatora podczas całego cyklu badania. Czas odpowiedzi układu nie może przekraczać 20 s i, w razie potrzeby, musi być zsynchronizowany z wahaniami przepływu w CVS i przesunięciami czasu próbkowania względem cyklu badawczego. Stężenia  $\text{CO}$  i  $\text{CO}_2$  wyznacza się przez całkowanie lub analizę stężeń w worku z próbką zgromadzoną podczas całego cyklu. Stężenia zanieczyszczeń gazowych w powietrzu rozcieńczającym wyznacza się przez całkowanie lub zgromadzenie tych zanieczyszczeń w worku z próbką tła. Wszystkie pozostałe parametry, która należy zmierzyć, rejestruje się z minimalną częstotliwością jednego pomiaru na sekundę (1 Hz).

#### 4.5.7.3. Pobieranie próbek cząstek stałych

W chwili uruchomienia silnika układ pobierania próbek cząstek stałych należy przełączyć z obwodu bocznikowego na pobieranie cząstek stałych.

Jeżeli stosuje się układ rozcieńczania przepływu częściowego, pompę(-y) do próbkowania reguluje się w taki sposób, by natężenie przepływu przez sondę próbkującą lub przewód przesyłowy pozostawało proporcjonalne do masowego natężenia przepływu spalin.

Jeżeli stosuje się układ rozcieńczania przepływu całkowitego, pompę(-y) do pobierania próbek reguluje się w taki sposób, by natężenie przepływu przez sondę do pobierania próbek cząstek stałych lub przewód przesyłowy utrzymywało się na poziomie ustalonego natężenia przepływu  $\pm 5\%$ . Jeżeli stosuje się kompensację przepływu (tzn. proporcjonalne sterowanie przepływem próbki), to należy wykazać, że stosunek natężenia przepływu głównego w tunelu do natężenia przepływu próbki cząstek stałych nie przekracza ustalonej wartości o więcej niż  $\pm 5\%$  (z wyjątkiem pierwszych 10 s próbkowania).

Uwaga: W przypadku podwójnego rozcieńczania natężenie przepływu próbki jest różnicą netto między natężeniem przepływu przechodzącego przez filtry próbkujące a natężeniem wtórnego przepływu powietrza rozcieńczającego.

Rejestruje się średnią temperaturę i ciśnienie na mierniku(-ach) gazu lub wlocie do urządzenia przepływowego. Jeżeli nie można utrzymać ustalonego natężenia przepływu (w granicach  $\pm 5\%$ ) podczas całego cyklu z powodu nagromadzenia dużej ilości cząstek stałych na filtrze, badanie należy uznać za nieważne. Badanie należy przeprowadzić ponownie przy mniejszym natężeniu przepływu lub z filtrem o większej średnicy.

#### 4.5.7.4. Zgaśnięcie silnika podczas cyklu badawczego zimnego rozruchu

Jeżeli silnik zgaśnie w jakimkolwiek momencie podczas cyklu badawczego z zimnym rozruchem, to silnik należy poddać kondycjonowaniu wstępnemu i powtórzyć procedurę ochładzania, a następnie ponownie uruchomić silnik oraz powtórzyć badanie. Jeżeli w trakcie cyklu badania ma miejsce awaria któregośkolwiek z urządzeń wykorzystywanych w badaniu, badanie zostaje uznane za nieważne.

#### 4.5.7.5. Czynności wykonywane po cyklu zimnego rozruchu

Po zakończeniu badania obejmującego cykl zimnego rozruchu należy zatrzymać pomiar masowego natężenia przepływu spalin i objętości rozcieńczonych spalin, przepływ gazów do worków poboru próbek i pompę próbkowania cząstek stałych. W przypadku układu z analizatorem całkowującym kontynuuje się pobieranie próbek do chwili upłynięcia czasów odpowiedzi układu.

Analizę stężeń w workach poboru próbek, jeżeli są stosowane, należy przeprowadzić możliwie jak najwcześniej, lecz w żadnym przypadku nie później niż 20 min po zakończeniu cyklu badawczego.

Po badaniu emisji należy ponownie sprawdzić analizator, używając gazu zerowego oraz tego samego gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego, co przed pomiarami. Badanie uznaje się za ważne, jeżeli różnica między wskazaniami przed i po badaniu jest mniejsza niż 2 % wartości stężenia użytego gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego.

Filtry cząstek należy przenieść ponownie do komory wagowej nie później niż przed upływem jednej godziny po zakończeniu badania. Następnie należy je kondycjonować przez przynajmniej jedną godzinę na szalce Petriego zabezpieczonej przed zanieczyszczeniami pyłowymi i umożliwiającej wymianę powietrza, a następnie zważyć. Zapisuje się masę brutto filtrów.

#### 4.5.7.6. Wygrzewanie

Niezwłocznie po wyłączeniu silnika należy wyłączyć wentylatory chłodzące silnika, jeżeli były używane, oraz wyłączyć dmuchawę CVS (lub odłączyć układ CVS od układu wydechowego), jeżeli była używana.

Silnik kondycjonuje się przez  $20 \pm 1$  minut. Silnik i hamulec dynamometryczny przygotowuje się do badania z gorącym rozruchem. Do układu rozcieńczania spalin i układu pobierania próbek powietrza rozcieńczającego podłącza się opróżnione worki do pobierania próbek. Następnie uruchamia się układ CVS (jeżeli jest stosowany i nie został jeszcze włączony) lub podłącza się układ wydechowy do układu CVS (jeżeli jest rozłączony). Włącza się pompy do pobierania próbek (z wyjątkiem pomp próbkowania cząstek stałych), wentylatory chłodzące silnika i system gromadzenia danych.

Przed rozpoczęciem badania należy wstępnie podgrzać wymiennik ciepła układu pobierania próbek przy zachowaniu stałej objętości (jeżeli jest stosowany) i ogrzewane elementy układów ciągłego pobierania próbek (jeżeli dotyczy) do ich wyznaczonych temperatur roboczych.

Natężenie przepływu próbki należy ustawić tak, aby odpowiadało pożądanemu poziomowi natężenia przepływu i wyzerować urządzenia CVS do pomiaru przepływu gazu. Należy ostrożnie zamocować czysty filtr cząstek stałych w każdej obsadce filtra i zainstalować zmontowane obsadki filtra na linii przepływu próbek.



#### 4.5.7.7. Cykl gorącego rozruchu

Niezwłocznie po stwierdzeniu uruchomienia silnika należy uruchomić czasomierz pracy na biegu jałowym. Silnik pozostawia się na biegu jałowym bez obciążenia przez  $23 \pm 1$  s. Następnie należy rozpocząć cykl niestacjonarny w taki sposób, by pierwszy zapis dotyczący pracy silnika pod obciążeniem pojawił się po upływie  $23 \pm 1$  s. Czas pracy na biegu jałowym zawiera się w czasie  $23 \pm 1$  s.

Badanie przeprowadza się zgodnie z cyklem odniesienia określonym w załączniku 5. Instrukcje do ustawiania punktów prędkości obrotowej i momentu obrotowego muszą być wydawane z częstotliwością 5 Hz (zaleca się 10 Hz) lub większą. Wartości ustawienia w tych punktach oblicza się na zasadzie interpolacji liniowej między wartościami w punktach o częstotliwości 1 Hz w cyklu odniesienia. Sygnały sprzężenia zwrotnego prędkości obrotowej i momentu obrotowego należy rejestrować podczas cyklu badawczego co najmniej jeden raz na sekundę, przy czym sygnały te mogą być filtrowane elektronicznie.

Następnie należy powtórzyć procedurę opisaną w poprzednich pkt 4.5.7.2 i 4.5.7.3.

#### 4.5.7.8. Zgaśnięcie silnika podczas cyklu gorącego rozruchu

Jeżeli silnik zgaśnie w czasie cyklu gorącego rozruchu, to można go wyłączyć i ponownie kondycjonować przez 20 minut. Następnie można powtórzyć cykl gorącego rozruchu. Dopuszcza się tylko jedno ponowne kondycjonowanie w stanie nagrzanym i ponowne rozpoczęcie cyklu gorącego rozruchu.

#### 4.5.7.9. Czynności wykonywane po cyklu gorącego rozruchu

Po zakończeniu cyklu gorącego rozruchu należy zatrzymać pomiar masowego natężenia przepływu spalin i objętości rozcieńczonych spalin, przepływ gazów do worków poboru próbek i pracę pompy próbkowania cząstek stałych. W przypadku układu z analizatorem całkowitym kontynuuje się pobieranie próbek do chwili upłynięcia czasów odpowiedzi układu.

Analizę stężeń w workach poboru próbek, jeżeli są stosowane, należy przeprowadzić możliwie jak najwcześniej, lecz w żadnym przypadku nie później niż 20 min po zakończeniu cyklu badawczego.

Po badaniu emisji należy ponownie sprawdzić analizator, używając gazu zerowego oraz tego samego gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego, co przed pomiarami. Badanie uznaje się za ważne, jeżeli różnica między wskazaniami przed i po badaniu jest mniejsza niż 2 % wartości stężenia użytego gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego.

Filtry cząstek należy przenieść ponownie do komory wagowej nie później niż przed upływem jednej godziny po zakończeniu badania. Następnie należy je kondycjonować przez przynajmniej jedną godzinę na szalce Petriego zabezpieczonej przed zanieczyszczeniami pyłowymi i umożliwiającej wymianę powietrza, a następnie zważyć. Zapisuje się masę brutto filtrów.

### 4.6. Sprawdzenie przebiegu badania

#### 4.6.1. Przesunięcie danych

W celu minimalizacji efektu zwłoki czasowej między wartościami sprzężenia zwrotnego i wartościami odniesienia w cyklu, cała sekwencja sygnałów sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika może być przyspieszona lub opóźniona w czasie w stosunku do sekwencji wartości odniesienia tych parametrów. Jeżeli sygnały sprzężenia zwrotnego są przesunięte, to prędkość obrotowa i moment obrotowy muszą być także przesunięte o tę samą wartość w tym samym kierunku.

#### 4.6.2. Obliczanie pracy w cyklu

Rzeczywistą pracę w cyklu  $W_{act}$  (kWh) oblicza się przy użyciu każdej pary zarejestrowanych wartości sygnałów sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika. Rzeczywistą pracę w cyklu  $W_{act}$  wykorzystuje się do porównania pracy w cyklu odniesienia  $W_{ref}$  oraz do obliczenia emisji jednostkowych. Tę samą metodykę wykorzystuje się do całkowania mocy odniesienia i mocy rzeczywistej silnika. Jeżeli zachodzi potrzeba wyznaczenia wartości między sąsiednimi wartościami odniesienia lub sąsiednimi wartościami zmierzonymi, należy zastosować interpolację liniową.

Całkując pracę w cyklu odniesienia i w cyklu rzeczywistym, wszystkie ujemne wartości momentu obrotowego należy ustawić na wartość równą zero i uwzględnić. Jeżeli całkowanie przeprowadza się przy częstotliwości mniejszej niż 5 Hz oraz jeżeli w określonym odcinku czasu wartość momentu obrotowego zmienia się z dodatniej na ujemną lub z ujemnej na dodatnią, wówczas część o wartości ujemnej przelicza się i przyjmuje jako równą zero. Część o wartości dodatniej należy włączyć do wartości całkowanej.

Wartość  $W_{act}$  musi się zawierać w przedziale od - 15 % do +5 % wartości  $W_{ref}$ .

#### 4.6.3. Dane statystyczne do walidacji cyklu badawczego

Należy przeprowadzić analizę regresji liniowej między wartościami sygnału sprzężenia zwrotnego a wartościami odniesienia dla prędkości obrotowej, momentu obrotowego i mocy. Należy to wykonać po przeprowadzeniu przesunięcia danych sprzężenia zwrotnego, jeżeli ta opcja jest stosowana. Stosuje się metodę najmniejszych kwadratów o równaniu wyjściowym pierwszego stopnia w postaci:

$$y = mx + b$$

gdzie:

$y$  = wartość sygnału sprzężenia zwrotnego (rzeczywista) dla prędkości obrotowej ( $\text{min}^{-1}$ ), momentu obrotowego (N·m) lub mocy (kW)

$m$  = współczynnik nachylenia linii regresji

$x$  = wartość odniesienia prędkości obrotowej ( $\text{min}^{-1}$ ), momentu obrotowego (N·m) lub mocy (kW)

$b$  = rzędna punktu przecięcia linii regresji z osią  $y$

Dla każdej linii regresji oblicza się błąd standardowy szacunku (SE)  $y$  względem  $x$  i współczynnik determinacji ( $r^2$ ).

Zaleca się, aby analizę tę wykonać przy częstotliwości 1 Hz. Aby badanie można było uznać za ważne, muszą być spełnione kryteria podane w tabeli 1.

Tabela 1

## Wartości tolerancji linii regresji

|  | Prędkość obrotowa            | Moment obrotowy  | Moc  |
|--|------------------------------|--|--|
| Błąd standardowy szacunku (SEE) $y$ względem $x$         | maks. $100 \text{ min}^{-1}$ | maks. 13 % maksymalnego momentu obrotowego silnika według charakterystyki odwzorowania                               | maks. 8 % maksymalnej mocy silnika według charakterystyki odwzorowania                               |
| Nachylenie linii regresji, $m$                           | 0,95 do 1,03                 | 0,83 – 1,03  | 0,89 – 1,03  |
| Współczynnik determinacji, $r^2$                         | min. 0,9700                  | min. 0,8800  | min. 0,9100  |
| Rzędna punktu przecięcia linii regresji z osią $y$ , $b$ | $\pm 50 \text{ min}^{-1}$    | $\pm 20 \text{ Nm}$ lub $\pm 2 \%$ maksymalnego momentu obrotowego, w zależności od tego, która wartość jest większa | $\pm 4 \text{ kW}$ lub $\pm 2 \%$ maksymalnej mocy, w zależności od tego, która wartość jest większa |

Wyłącznie do celów obliczenia regresji dopuszczalne jest usunięcie punktów przed tym obliczeniem, jeżeli przewiduje to tabela 2. Punktów tych nie można jednak usuwać przy obliczaniu pracy w cyklu i emisji. Punkt biegu jałowego definiuje się jako punkt, w którym znormalizowany moment obrotowy odniesienia jest równy 0 % i znormalizowana prędkość obrotowa odniesienia jest również równa 0 %. Usuwanie punktów można zastosować do całości lub do jakiegokolwiek części cyklu.

Tabela 2

## Dozwolone usunięcia punktów z analizy regresji (punkty, wobec których stosuje się usunięcie punktu, należy określić)

| Warunki   | Punkty reprezentujące prędkość obrotową, moment obrotowy lub moc, które można usunąć, jeżeli zachodzą warunki wymienione w kolumnie lewej |
|---|---|
| Pierwsze 24 ( $\pm 1$ ) s i ostatnie 25 s   | Prędkość obrotowa, moment obrotowy i moc  |
| Pełne otwarcie przepustnicy i moment obrotowy określony z sygnału sprzężenia zwrotnego < 95 % momentu obrotowego odniesienia  | Moment obrotowy lub moc   |
| Pełne otwarcie przepustnicy i prędkość obrotowa określona z sygnału sprzężenia zwrotnego < 95 % prędkości obrotowej odniesienia   | Prędkość obrotowa lub moc   |
| Zamknięta przepustnica, prędkość obrotowa określona z sygnału sprzężenia zwrotnego > prędkość biegu jałowego + $50 \text{ min}^{-1}$ i moment obrotowy określony z sygnału sprzężenia zwrotnego > 105 % momentu odniesienia   | Moment obrotowy lub moc   |
| Zamknięta przepustnica, prędkość obrotowa określona z sygnału sprzężenia zwrotnego $\leq$ prędkość biegu jałowego + $50 \text{ min}^{-1}$ i moment obrotowy określony z sygnału sprzężenia zwrotnego = moment obrotowy na biegu jałowym zdefiniowany przez producenta lub zmierzony, nie różniący się o więcej niż $\pm 2 \%$ od momentu maksymalnego | Prędkość obrotowa lub moc   |
| Zamknięta przepustnica i prędkość obrotowa określona z sygnału sprzężenia zwrotnego > 105 % prędkości obrotowej odniesienia   | Prędkość obrotowa lub moc   |

## Dodatek 1

**Procedury pomiaru i próbkowania (NRSC, NRTC)**

## 1. PROCEDURY POMIARU I PRÓBKOWANIA (BADANIE NRSC)

Składniki gazowe i cząstki stałe emitowane przez silnik przedstawiony do badań mierzy się przy użyciu metod opisanych w dodatku 4 do załącznika 4A. Metody z dodatku 4 do załącznika 4A opisują zalecane układy analityczne do badania emisji zanieczyszczeń gazowych (pkt 1.1) i zalecane układy rozcieńczania cząstek stałych i układy próbkowania (pkt 1.2).

Na wniosek producenta i za zgodą organu udzielającego homologacji metody opisane w pkt 9 załącznika 4B mogą być zastosowane alternatywnie wobec opisanych w pkt 1 niniejszego dodatku.

## 1.1. Wymagania techniczne dla hamulca dynamometrycznego

Do wykonania cyklu badawczego opisanego w pkt 3.7.1 załącznika 4A stosuje się hamulec dynamometryczny silnika o odpowiednich właściwościach. Przyrządy do pomiaru momentu obrotowego i prędkości obrotowej muszą umożliwiać pomiar mocy w zakresie określonych wartości granicznych. Mogą być potrzebne dodatkowe obliczenia. Dokładność urządzeń pomiarowych musi być taka, by nie zostały przekroczone maksymalne tolerancje wartości określonych w pkt 1.3.

## 1.2. Przepływ gazów spalinowych

Przepływ gazów spalinowych wyznacza się za pomocą jednej z metod wymienionych w pkt 1.2.1–1.2.4.

## 1.2.1. Metoda pomiaru bezpośredniego

Bezpośredni pomiar przepływu spalin przez dyszę przepływową lub równoważny układ analityczny (więcej informacji w normie ISO 5167:2000).

*Uwaga:* Bezpośredni pomiar przepływu gazowego jest trudny. Należy zastosować środki ostrożności celem uniknięcia błędów pomiarowych, które mogłyby skutkować błędami w zmierzonych wartościach emisji.

## 1.2.2. Metoda pomiaru powietrza i paliwa

Pomiar przepływu powietrza i paliwa.

Wykorzystuje się przepływomierze do badania przepływu powietrza i przepływu paliwa o dokładności określonej w pkt 1.3.

Przepływ gazów spalinowych oblicza się w następujący sposób:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \text{ (dla masy mokrych spalin)}$$

## 1.2.3. Metoda bilansu węgla

Obliczenie masy spalin na podstawie zużycia paliwa i stężeń gazów spalinowych za pomocą metody bilansu węgla (załącznik 4A, dodatek 3).

## 1.2.4. Metoda pomiaru gazu znakującego

Metoda ta obejmuje pomiar stężenia gazu znakującego w spalinach. Do przepływu spalin wprowadza się określoną ilość gazu obojętnego (np. czystego helu), pełniącego funkcję gazu znakującego. Gaz ten miesza się ze spalinami i jest nimi rozcieńczany, ale nie ulega reakcji w rurze wydechowej. Następnie mierzy się stężenie takiego gazu w próbce spalin.

Aby zapewnić całkowite wymieszanie się gazu znakującego, sondę do pobierania próbek spalin należy umieścić co najmniej w odległości 1 m lub odległości równej 30-krotności średnicy rury wydechowej za punktem wprowadzenia gazu znakującego (w kierunku przepływu), w zależności od tego, która wartość jest większa. Sondę do pobierania próbek można umieścić bliżej punktu wprowadzenia gazu, jeżeli całkowite wymieszanie jest sprawdzane poprzez porównanie stężenia gazu znakującego ze stężeniem odniesienia, w przypadku gdy gaz znakujący jest wprowadzany przed silnikiem (w kierunku przeciwnym do przepływu).

Natężenie przepływu gazu znakującego ustawia się tak, aby jego stężenie przy jałowym biegu silnika po wymieszaniu było mniejsze niż pełna skala analizatora gazu znakującego.

Przepływ gazów spalinowych oblicza się w następujący sposób:

$$G_{EXHW} = \frac{G_T \cdot \rho_{EXH}}{60 \cdot (conc_{mix} - conc_a)}$$

gdzie:

$G_{EXHW}$  = chwilowe masowe natężenie przepływu spalin (kg/s)

$G_T$  = natężenie przepływu gazu znakującego ( $cm^3/min$ )

$conc_{mix}$  = chwilowe stężenie gazu znakującego po wymieszaniu, (ppm)

$\rho_{EXH}$  = gęstość gazów spalinowych ( $kg/m^3$ )

$conc_a$  = stężenie tła gazu znakującego w powietrzu dolotowym (ppm)

Stężenie tła gazu znakującego ( $conc_a$ ) można określić poprzez uśrednienie stężenia tła zmierzonego bezpośrednio przed przebiegiem badania oraz po nim.

Jeżeli stężenie tła jest mniejsze niż 1 % stężenia gazu znakującego po wymieszaniu ( $conc_{mix}$ ) przy maksymalnym przepływie spalin, stężenie tła można pominąć.

Cały układ musi być zgodny ze specyfikacją dokładności dla przepływu gazów spalinowych oraz musi być wzorcowany zgodnie z pkt 1.11.2 dodatku 2.

#### 1.2.5. Metoda pomiaru przepływu powietrza i stosunku ilości powietrza do paliwa

Metoda ta obejmuje obliczenie masy spalin na podstawie przepływu powietrza oraz stosunku powietrza do paliwa. Chwilowe masowe natężenie przepływu spalin oblicza się w następujący sposób:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \cdot \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda} \right)$$

przy czym  $A/F_{st} = 14,5$

$$\lambda = \frac{\left( 100 - \frac{conc_{CO} \cdot 10^{-4}}{2} - conc_{HC} \cdot 10^{-4} \right) + \left( 0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot conc_{CO} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot conc_{CO_2}}}{1 + \frac{conc_{CO} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot conc_{CO_2}}} \right) \cdot (conc_{CO_2} + conc_{CO} \cdot 10^{-4})}{6,9078 \cdot (conc_{CO_2} + conc_{CO} \cdot 10^{-4} + conc_{HC} \cdot 10^{-4})}$$

gdzie:

$A/F_{st}$  = stechiometryczny stosunek powietrze/paliwo (kg/kg)

$\lambda$  = względny stosunek powietrze/paliwo

$conc_{CO_2}$  = stężenie  $CO_2$  na bazie suchej (%)

$conc_{CO}$  = stężenie CO na bazie suchej (ppm)

$conc_{HC}$  = stężenie węglowodorów (ppm)

*Uwaga:* obliczenia dotyczą oleju napędowego o stosunku H/C równym 1,8.

Przepływomierz powietrza musi być zgodny ze specyfikacją dokładności zawartą w tabeli 3, użyty analizator  $CO_2$  musi być zgodny ze specyfikacją zawartą w pkt 1.4.1, a cały układ musi być zgodny ze specyfikacją dokładności dla przepływu gazów spalinowych.

Opcjonalnie do pomiarów względnego stosunku powietrza do paliwa można wykorzystać urządzenia do pomiaru stosunku powietrza do paliwa, takie jak czujnik z dwutlenkiem cyrkonu, zgodnie ze specyfikacjami podanymi w pkt 1.4.4.

#### 1.2.6. Przepływ całkowity rozcieńczonych spalin

Dla układu rozcieńczania przepływu całkowitego przepływ całkowity rozcieńczonych spalin ( $G_{TOTW}$ ) mierzy się za pomocą PDP, CFV lub SSV (pkt 1.2.1.2 dodatku 4 do załącznika 4A). Dokładność musi odpowiadać wymaganiom pkt 2.2 dodatku 2 do załącznika 4A.

## 1.3. Dokładność

Wzorcowanie wszelkich przyrządów pomiarowych musi odnosić się do norm krajowych lub międzynarodowych oraz spełniać wymagania podane w tabeli 3.

Tabela 3

**Dokładność przyrządów pomiarowych**

| Nr | Przyrząd pomiarowy                             | Dokładność   |
|----|--|--|
| 1  | Prędkość obrotowa silnika                      | $\pm 2\%$ odczytu lub $\pm 1\%$ maksymalnej wartości silnika, w zależności od tego, która wartość jest większa     |
| 2  | Moment obrotowy                                | $\pm 2\%$ odczytu lub $\pm 1\%$ maksymalnej wartości silnika, w zależności od tego, która wartość jest większa     |
| 3  | Zużycie paliwa                                 | $\pm 2\%$ maksymalnej wartości silnika   |
| 4  | Zużycie powietrza                              | $\pm 2\%$ odczytu lub $\pm 1\%$ maksymalnej wartości silnika, w zależności od tego, która wartość jest większa     |
| 5  | Przepływ gazów spalinowych                     | $\pm 2,5\%$ odczytu lub $\pm 1,5\%$ maksymalnej wartości silnika, w zależności od tego, która wartość jest większa |
| 6  | Temperatury $\leq 600$ K                       | $\pm 2$ K bezwzględna  |
| 7  | Temperatury $> 600$ K                          | $\pm 1\%$ odczytu  |
| 8  | Ciśnienie spalin                               | $\pm 0,2$ kPa bezwzględne  |
| 9  | Podciśnienie w układzie dolotowym              | $\pm 0,05$ kPa bezwzględne   |
| 10 | Ciśnienie atmosferyczne                        | $\pm 0,1$ kPa bezwzględne  |
| 11 | Inne ciśnienia                                 | $\pm 0,1$ kPa bezwzględne  |
| 12 | Wilgotność bezwzględna                         | $\pm 5\%$ odczytu  |
| 13 | Natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego | $\pm 2\%$ odczytu  |
| 14 | Natężenie przepływu rozcieńczonych spalin      | $\pm 2\%$ odczytu  |

## 1.4. Oznaczanie składników gazowych

## 1.4.1. Ogólne specyfikacje analizatora

Analizatory muszą mieć zakres pomiaru odpowiadający dokładności wymaganej do mierzenia stężeń składników gazowych w spalinach (pkt 1.4.1.1). Zaleca się takie działanie analizatorów, aby zmierzone stężenia mieściły się w zakresie między 15 % i 100 % pełnej skali.

Jeżeli wartość pełnej skali wynosi 155 ppm (lub ppm C) lub mniej, lub gdy stosowane są układy odczytu (komputery, rejestratory danych) zapewniające wystarczającą dokładność i rozdzielczość poniżej 15 % pełnej skali, stężenia poniżej 15 % pełnej skali są również dopuszczalne. W takim przypadku należy przeprowadzić dodatkowe wzorcowania, aby zapewnić dokładność krzywych wzorcowania – pkt 1.5.5.2 dodatku 2 do załącznika 4A.

Aby ograniczyć dodatkowe błędy, kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) urządzeń musi odpowiadać wyznaczonemu poziomowi.

## 1.4.1.1. Błąd pomiarowy

Analizator nie może wykazywać odchyżeń od nominalnego punktu wzorcowego o więcej niż  $\pm 2\%$  odczytu lub  $\pm 0,3\%$  całej skali, w zależności od tego, która wartość jest większa.

*Uwaga:* Na potrzeby niniejszego regulaminu dokładność definiuje się jako odchylenie odczytu analizatora od nominalnych wartości wzorcowania ustalonych z wykorzystaniem gazu wzorcowego (= wartość rzeczywista).

#### 1.4.1.2. Powtarzalność

Powtarzalność, określona jako 2,5-krotność odchylenia standardowego dziesięciu powtarzalnych odpowiedzi na dany gaz wzorcowy lub gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego, nie może być większa niż  $\pm 1\%$  stężenia pełnej skali dla każdego zakresu zastosowanego powyżej 155 ppm (lub ppm C) lub  $\pm 2\%$  każdego zakresu zastosowanego poniżej 155 ppm (lub ppm C).

#### 1.4.1.3. Szum

Różnica wartości szczytowych odpowiedzi analizatora na gaz zerowy i na gaz wzorcowy lub wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego w dowolnym dziesięciosekundowym okresie nie może przekroczyć  $2\%$  pełnej skali we wszystkich używanych zakresach.

#### 1.4.1.4. Błąd pełzania zera

Błąd pełzania zera w okresie jednej godziny musi być mniejszy niż  $2\%$  pełnej skali najniższego z wykorzystywanych zakresów. Odpowiedź na gaz zerowy jest definiowana jako średnia odpowiedź, włączając szum, na gaz zerowy w przedziale 30 s.

#### 1.4.1.5. Błąd pełzania zakresu pomiarowego

Błąd pełzania zakresu pomiarowego w okresie jednej godziny musi być mniejszy niż  $2\%$  pełnej skali najniższego z wykorzystywanych zakresów. Zakres pomiarowy jest definiowany jako różnica pomiędzy odpowiedzią na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego i odpowiedzią na gaz zerowy. Odpowiedź na gaz wzorcowy jest definiowana jako średnia odpowiedź, włączając szum, na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego w przedziale 30 sekund.

#### 1.4.2. Suszenie gazu

Wpływ ewentualnego urządzenia do osuszania gazu na stężenie mierzonych gazów musi być minimalny. Stosowanie osuszaczy chemicznych nie jest dopuszczalną metodą usuwania wody z próbki.

#### 1.4.3. Analizatory

W pkt 1.4.3.1–1.4.3.5 niniejszego dodatku opisano zasady pomiarów, które należy stosować. Szczegółowy opis układów pomiarowych znajduje się w dodatku 4 do załącznika 4A.

Mierzone gazy analizuje się za pomocą następujących przyrządów. W przypadku analizatorów nieliniowych dopuszcza się używanie obwodów liniujących.

##### 1.4.3.1. Analiza tlenku węgla (CO)

Analizator tlenku węgla musi być analizatorem typu niedyspersyjnego działającym na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego (NDIR).

##### 1.4.3.2. Analiza dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>)

Analizator dwutlenku węgla musi być analizatorem typu niedyspersyjnego działającym na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego (NDIR).

##### 1.4.3.3. Analiza węglowodorów (HC)

Analizator węglowodorów musi być ogrzewanym detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (HFID), w którym czujnik, zawory, przewody itd. są ogrzewane w sposób zapewniający utrzymanie temperatury gazu w przedziale 463 K (190 °C)  $\pm$  10 K.

##### 1.4.3.4. Analiza tlenków azotu (NO<sub>x</sub>)

Analizator tlenków azotu musi być detektorem chemiluminescencyjnym (CLD) lub ogrzewanym detektorem chemiluminescencyjnym (HCLD) z konwerterem NO<sub>2</sub>/NO, jeżeli pomiaru dokonuje się w stanie suchym. Jeżeli pomiaru dokonuje się w stanie mokrym, wykorzystuje się detektor HCLD z konwerterem utrzymywany w temperaturze wyższej niż 328 K (55 °C), pod warunkiem że sprawdzenie tłumiącego wpływu wody wypadło pozytywnie (pkt 1.9.2.2 dodatku 2 do załącznika 4A).

Zarówno w przypadku CLD, jak HCLD utrzymuje się temperaturę ścianek ciągu pobierania próbek na poziomie 328 K–473 K (55 °C–200 °C) na odcinku do konwertyora dla pomiarów w stanie suchym oraz do analizatora dla pomiarów w stanie mokrym.

#### 1.4.4. Pomiar stosunku powietrza do paliwa

Urządzeniem do pomiaru stosunku powietrza do paliwa używanym do określenia przepływu gazów spalinywych, jak określono w pkt 1.2.5, musi być czujnik stosunku powietrza do paliwa o szerokim zakresie lub czujnik lambda wykorzystujący dwutlenek cyrkonu.

Czujnik montuje się bezpośrednio na rurze wydechowej, w miejscu, w którym temperatura gazów spalinowych jest wystarczająco wysoka, by uniemożliwić skraplanie się wody.

Dokładność czujnika i towarzyszących urządzeń elektronicznych musi zawierać się w przedziale:

$\pm 3\%$  odczytu  $\lambda < 2$

$\pm 5\%$  odczytu  $2 \leq \lambda < 5$

$\pm 10\%$  odczytu  $5 \leq \lambda$

Aby spełnić powyższe wymagania dotyczące dokładności, należy wzorcować czujnik zgodnie ze specyfikacją producenta.

#### 1.4.5. Pobieranie próbek emisji gazowych

Sondy do pobierania próbek emisji zanieczyszczeń gazowych instaluje się co najmniej w odległości 0,5 m lub odległości stanowiącej trzykrotność średnicy rury wydechowej, w zależności od tego, która z tych wartości jest większa, przed ujściem układu wydechowego (w kierunku przeciwnym do przepływu) i wystarczająco blisko silnika, aby zapewnić temperaturę spalin na sondzie wynoszącą co najmniej 343 K (70 °C).

W przypadku silników wielocylindrowych z rozgałęzionym kolektorem wylotowym wlot sondy należy umieścić wystarczająco daleko w kierunku przepływu, aby zapewnić reprezentatywność próbki dla średniej emisji spalin ze wszystkich cylindrów. W przypadku silników wielocylindrowych z oddzielnymi grupami kolektorów wydechowych, takich jak silniki widlaste, dopuszcza się pobieranie próbki z każdej z grup oddzielnie i obliczanie średniego poziomu emisji spalin. Można wykorzystywać także inne metody pod warunkiem, że wykazano ich korelację z metodami omówionymi powyżej. Do obliczenia poziomu emisji spalin wykorzystuje się całkowite masowe natężenie przepływu spalin z silnika.

Jeżeli do oznaczenia cząstek stałych używa się układu rozcieńczania przepływu całkowitego, emisje gazowe można również oznaczyć w rozcieńczonych gazach spalinowych. Sondy próbkujące muszą znajdować się w pobliżu sondy próbkowania cząstek stałych w tunelu rozcieńczającym (dodatek 4 do załącznika 4A, pkt 1.2.1.2 DT (tunel rozcieńczający) i pkt 1.2.2 PSP (sonda do próbkowania cząstek stałych)). CO i CO<sub>2</sub> można też oznaczyć poprzez próbkowanie do worka, a następnie pomiar stężenia w worku.

#### 1.5. Oznaczanie cząstek stałych

Oznaczanie cząstek stałych wymaga układu rozcieńczania. Rozcieńczanie można przeprowadzić za pomocą układu rozcieńczania przepływu częściowego lub układu rozcieńczania przepływu całkowitego. Przepustowość układu rozcieńczania musi być odpowiednio duża, aby całkowicie wykluczyć wykraplanie wody w układach rozcieńczania i pobierania próbek oraz zapewnić utrzymanie temperatury rozcieńczonych spalin bezpośrednio przed osadkami filtra (w kierunku przeciwnym do przepływu) w przedziale od 315 K (42 °C) do 325 K (52 °C). Dopuszcza się osuszanie powietrza rozcieńczającego przed wprowadzeniem go do układu rozcieńczania, jeżeli wilgotność powietrza jest duża. Jeżeli temperatura otoczenia jest mniejsza niż 293 K (20 °C), zaleca się wstępne ogrzanie powietrza rozcieńczającego powyżej górnej temperatury granicznej wynoszącej 303 K (30 °C). Jednakże temperatura powietrza rozcieńczającego przed wprowadzeniem spalin do tunelu rozcieńczania nie może przekraczać 325 K (52 °C).

*Uwaga:* W przypadku zakresów mocy do K włącznie przy stosowaniu cykli badawczych z fazami dyskretnymi wystarczy, aby temperaturę filtra utrzymywać na poziomie nie większym niż temperatura maksymalna 325 K (52 °C); nie trzeba przestrzegać zakresu temperatury od 42 °C do 52 °C.

W przypadku układu rozcieńczania przepływu częściowego sondę do próbkowania cząstek stałych umieszcza się w bliskiej odległości przed sondą gazową (w kierunku przeciwnym do przepływu), jak określono w pkt 4.4 i zgodnie z pkt 1.2.1.1 dodatku 4 do załącznika 4A, rys. 4–12 EP i SP.

Układ rozcieńczania przepływu częściowego musi być zaprojektowany w taki sposób, by dzielić strumień spalin na dwie części, z których mniejsza część jest rozcieńczana powietrzem, a następnie wykorzystywana do mierzenia emisji cząstek stałych. Konieczne jest, aby stosunek rozcieńczenia został określony bardzo dokładnie. Można zastosować różne metody rozdziału strumienia spalin, przy czym rodzaj rozdziału w znacznym stopniu decyduje o stosowanych urządzeniach do próbkowania oraz procedurach (pkt 1.2.1.1 dodatku 4 do załącznika 4A).

Do wyznaczenia masy cząstek stałych wymagany jest układ pobierania próbek cząstek stałych, filtry do pobierania próbek cząstek stałych, waga mikrogramowa oraz komora wagowa z regulacją temperatury i wilgotności.

Do próbkowania cząstek stałych można stosować dwie metody:

- Metoda jednofiltrowa wykorzystuje jedną parę filtrów (pkt 1.5.1.3 niniejszego dodatku) do wszystkich faz cyklu badawczego. Należy zwrócić szczególną uwagę na czasy próbkowania oraz natężenie przepływu w fazie próbkowania. Niemniej jednak do cyklu badawczego wymagana jest tylko jedna para filtrów.
- W metodzie wielofiltrowej do każdej poszczegółnej fazy cyklu badawczego wykorzystywana jest oddzielna para filtrów (pkt 1.5.1.3 niniejszego dodatku). Metoda ta pozwala na mniej rygorystyczne procedury próbkowania, ale zużywa więcej filtrów.

## 1.5.1. Filtry do pobierania próbek cząstek stałych

## 1.5.1.1. Specyfikacja filtrów

Do badań certyfikacyjnych wymagane są filtry z włókna szklanego powlekanego fluoropochodnymi węglowodorów lub filtry z membraną na bazie fluoropochodnych węglowodorów. Do zastosowań specjalnych mogą być stosowane inne materiały filtracyjne. Wszystkie typy filtrów muszą charakteryzować się sprawnością zbierania ziaren 0,3 µm DOP (ftalanu dioktylu) wynoszącą co najmniej 99 % przy prędkości przepływu gazu na czole filtra między 35 a 100 cm/s. Przy wykonywaniu badań korelacyjnych między laboratoriami lub producentem a organem udzielającym homologacji należy stosować filtry takiej samej jakości.

## 1.5.1.2. Wielkość filtra

Filtry cząstek stałych muszą mieć minimalną średnicę 47 mm (37 mm średnicy osadu). Dopuszcza się filtry o większej średnicy (pkt 1.5.1.5).

## 1.5.1.3. Filtry pierwotne i wtórne

Próbkę rozcieńczonych spalin pobiera się podczas sekwencji badania za pomocą pary filtrów umieszczonych w szeregu (jednego filtra pierwotnego i jednego filtra wtórnego). Filtr wtórny umieszcza się nie dalej niż w odległości 100 mm za filtrem pierwotnym (w kierunku przepływu) i nie może się on stykać z filtrem pierwotnym. Filtry można ważyć oddzielnie lub jako parę, przy czym ustawia się je do siebie stronami z osadem.

## 1.5.1.4. Prędkość na czole filtra

Prędkość przepływu gazów na czole filtra musi wynosić 35–100 cm/s. Wzrost oporów przepływu między początkiem i końcem badania nie może wynosić więcej niż 25 kPa.

## 1.5.1.5. Obciążenie filtra

Zalecane minimalne obciążenie filtra dla najbardziej powszechnych rozmiarów filtrów podano w tabeli poniżej. Dla większych filtrów minimalne obciążenie musi wynosić 0,065 mg/1 000 mm<sup>2</sup> powierzchni filtrującej.

| Średnica filtra (mm) | Zalecana średnica osadu (mm) | Zalecane obciążenie minimalne (mg) |
|----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 47                   | 37                           | 0,11                               |
| 70                   | 60                           | 0,25                               |
| 90                   | 80                           | 0,41                               |
| 110                  | 100                          | 0,62                               |

W przypadku metody wielofiltrowej zalecane obciążenie minimalne filtra dla sumy wszystkich filtrów to iloczyn odpowiedniej z powyższych wartości i pierwiastka kwadratowego z całkowitej liczby faz.

## 1.5.2. Specyfikacje komory wagowej i wagi analitycznej

## 1.5.2.1. Warunki dla komory wagowej

Temperaturę komory (lub pomieszczenia), w którym kondycjonuje się i waży filtry cząstek stałych, utrzymuje się w przedziale 295 K (22 °C) ± 3 K przez cały czas kondycjonowania i ważenia wszystkich filtrów. Wilgotność utrzymuje się w punkcie rosy 282,5 (9,5 °C) ± 3 K, a wilgotność względną na poziomie 45 ± 8 %.

## 1.5.2.2. Ważenie filtra odniesienia

Otoczenie komory (lub pomieszczenia) musi być wolne od zanieczyszczeń powietrza otaczającego (takich jak kurz), które osadzałyby się na filtrach cząstek stałych podczas ich stabilizowania. Dopuszcza się odchylenia od specyfikacji warunków pomieszczenia wagowego podanych w pkt 1.5.2.1, jeżeli czas trwania zakłóceń nie przekracza 30 minut. Przed wejściem personelu do komory wagowej komora wagowa powinna spełniać wymagane specyfikacje. W ciągu czterech godzin od ważenia filtra (pary filtrów) do pobierania próbek, a najlepiej podczas takiego ważenia, należy zważyć co najmniej dwa nieużywane filtry odniesienia lub pary filtrów odniesienia. Filtry te muszą być tej samej wielkości i z tego samego materiału, co filtry do próbkowania.

Jeżeli średnia waga filtrów odniesienia (par filtrów odniesienia) zmienia się pomiędzy kolejnymi ważeniami filtra do próbkowania o ponad 10 µg, to wszystkie filtry do próbkowania należy odrzucić, a badanie emisji powtórzyć.



Jeżeli nie są spełnione kryteria stabilności komory wagowej podane w pkt 1.5.2.1, ale ważenie filtra odniesienia (pary) spełnia powyższe kryteria, producent silnika może zaakceptować wagę filtrów do pobierania próbek lub też uznać badania za nieważne, wyregulować układ sterowania komory wagowej i powtórzyć badanie.

#### 1.5.2.3. Waga analityczna

Waga analityczna wykorzystywana do oznaczania wagi wszystkich filtrów musi charakteryzować się precyzją (odchylenie standardowe) wynoszącą 2 µg oraz rozdzielczością wynoszącą 1 µg (1 cyfra = 1 µg) określoną przez producenta wagi.

#### 1.5.2.4. Eliminacja wpływu statycznych ładunków elektrycznych

Aby wyeliminować wpływ statycznych ładunków elektrycznych, przed ważeniem filtry należy zneutralizować, np. przy pomocy neutralizatora polonowego lub urządzenia o podobnym działaniu.

#### 1.5.3. Dodatkowe specyfikacje pomiaru emisji cząstek stałych

Wszystkie części układu rozcieńczania i układu próbkowania od rury wydechowej do osadki filtra, które stykają się z nierozcieńczonymi i rozcieńczonymi spalinami, muszą być zaprojektowane w taki sposób, aby ograniczyć osadzanie się lub przemianę cząstek stałych. Wszystkie części muszą być wykonane z materiałów przewodzących elektryczność, które nie wchodzi w reakcję ze składnikami spalin, i należy je uziemić w celu wyeliminowania wpływu ładunków elektrostatycznych.

### 2. PROCEDURY POMIARU I PRÓBKOWANIA (BADANIE NRTC)

#### 2.1. Wprowadzenie

Składniki gazowe i cząstki stałe emitowane przez silnik przedstawiony do badań mierzy się przy użyciu metod z dodatku 4 do załącznika 4A. Metody z dodatku 4 do załącznika 4A opisują zalecane układy analityczne do badania emisji zanieczyszczeń gazowych (pkt 1.1) i zalecane układy rozcieńczania cząstek stałych i układy próbkowania (pkt 1.2).

#### 2.2. Hamulec dynamometryczny i wyposażenie hamowni silników

Do badania poziomu emisji z silników za pomocą hamulca dynamometrycznego używa się następujących urządzeń:

##### 2.2.1. Hamulec dynamometryczny silnika

Wykorzystuje się hamulec dynamometryczny silnika o odpowiednich właściwościach umożliwiających wykonanie cykli badań opisanych w dodatku 4 do niniejszego załącznika. Przyrządy do pomiaru momentu obrotowego i prędkości obrotowej muszą umożliwiać pomiar mocy w zakresie określonych wartości granicznych. Mogą być potrzebne dodatkowe obliczenia. Dokładność urządzeń pomiarowych musi być taka, by nie zostały przekroczone maksymalne tolerancje wartości określonych w tabeli 4.

##### 2.2.2. Inne przyrządy

W zależności od potrzeb wykorzystuje się przyrządy pomiarowe do mierzenia zużycia paliwa, zużycia powietrza, temperatury płynu chłodzącego i oleju silnikowego, ciśnienia spalin i podciśnienia w kolektorze dolotowym, temperatury spalin, temperatury powietrza dolotowego, ciśnienia atmosferycznego, wilgotności i temperatury paliwa. Przyrządy te muszą spełniać wymagania podane w tabeli 4:

Tabela 4

#### Dokładność przyrządów pomiarowych

| Nr | Przyrząd pomiarowy         | Dokładność   |
|----|----------------------------|--|
| 1  | Prędkość obrotowa silnika  | ± 2 % odczytu lub ± 1 % maksymalnej wartości silnika, w zależności od tego, która wartość jest większa     |
| 2  | Moment obrotowy            | ± 2 % odczytu lub ± 1 % maksymalnej wartości silnika, w zależności od tego, która wartość jest większa     |
| 3  | Zużycie paliwa             | ± 2 % maksymalnej wartości silnika   |
| 4  | Zużycie powietrza          | ± 2 % odczytu lub ± 1 % maksymalnej wartości silnika, w zależności od tego, która wartość jest większa     |
| 5  | Przepływ gazów spalinowych | ± 2,5 % odczytu lub ± 1,5 % maksymalnej wartości silnika, w zależności od tego, która wartość jest większa |
| 6  | Temperatury ≤ 600 K        | ± 2 K bezwzględna  |

| Nr | Przyrząd pomiarowy                             | Dokładność             |
|----|--|------------------------|
| 7  | Temperatury > 600 K                            | ± 1 % odczytu          |
| 8  | Ciśnienie spalin                               | ± 0,2 kPa bezwzględne  |
| 9  | Podciśnienie w układzie dolotowym              | ± 0,05 kPa bezwzględne |
| 10 | Ciśnienie atmosferyczne                        | ± 0,1 kPa bezwzględne  |
| 11 | Inne ciśnienia                                 | ± 0,1 kPa bezwzględne  |
| 12 | Wilgotność bezwzględna                         | ± 5 % odczytu          |
| 13 | Natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego | ± 2 % odczytu          |
| 14 | Natężenie przepływu rozcieńczonych spalin      | ± 2 % odczytu          |

### 2.2.3. Przepływ nierozcieńczonych gazów spalinowych

Do obliczania emisji w nierozcieńczonych spalinach oraz do kontrolowania układu rozcieńczania przepływu częściowego niezbędna jest znajomość masowego natężenia przepływu gazów spalinowych. Do ustalenia masowego natężenia przepływu spalin można zastosować dowolną z metod opisanych poniżej.

Na potrzeby obliczeń emisji czas odpowiedzi każdej z metod opisanych poniżej musi być równy lub krótszy niż wymagany czas odpowiedzi analizatora, jak określono w pkt 1.11.1 dodatku 2.

Na potrzeby sterowania układem rozcieńczania przepływu częściowego wymagany jest krótszy czas odpowiedzi. Dla układów rozcieńczania przepływu częściowego ze sterowaniem w trybie online wymagany jest czas odpowiedzi  $\leq 0,3$  s. Dla układów rozcieńczania przepływu częściowego ze sterowaniem antycypowanym w oparciu o uprzednio zarejestrowany przebieg próbny wymagany jest czas odpowiedzi układu pomiaru przepływu spalin wynoszący  $\leq 5$  s oraz czas narastania  $\leq 1$  s. Czas odpowiedzi układu określa producent przyrządu. Łączne wymagania dotyczące czasu odpowiedzi dla przepływu spalin i układu rozcieńczania przepływu częściowego znajdują się w pkt 2.4.

Metoda pomiaru bezpośredniego

Pomiar bezpośredni chwilowego przepływu spalin można przeprowadzić za pośrednictwem układów, takich jak:

- urządzenia wykorzystujące różnicę ciśnień, takie jak dysza przepływowa (szczegóły – zob. norma ISO 5167:2000);
- przepływomierz ultradźwiękowy;
- przepływomierz wirowy.

Należy podjąć środki ostrożności celem uniknięcia błędów pomiarowych, które mogłyby skutkować błędami w zmierzonych wartościach emisji. Takie środki ostrożności obejmują ostrożną instalację urządzeń w układzie wydechowym silnika zgodnie z zaleceniami producentów takich urządzeń i właściwą oceną techniczną. W szczególności instalacja takich urządzeń nie może mieć wpływu na działanie silnika i emisje.

Przepływomierze muszą spełniać wymagania dotyczące dokładności określone w tabeli 3.

Metoda pomiaru powietrza i paliwa

Obejmuje ona pomiar przepływu powietrza i paliwa przy użyciu odpowiednich przepływomierzy. Chwilowy przepływ gazów spalinowych oblicza się w następujący sposób:  $G_{EXHW} = G_{AIRW} + G_{FUEL}$  (dla masy mokrych spalin)

Przepływomierze muszą spełniać wymagania dotyczące dokładności określone w tabeli 3, ale muszą być także wystarczająco dokładne, by spełniać wymagania dokładności dla przepływu spalin.

Metoda pomiaru gazu znakującego

Metoda ta obejmuje pomiar stężenia gazu znakującego w spalinach.

Do przepływu spalin wprowadza się określoną ilość gazu obojętnego (np. czystego helu), pełniącego funkcję gazu znakującego. Gaz ten miesza się ze spalinami i jest nimi rozcieńczany, ale nie ulega reakcji w rurze wydechowej. Następnie mierzy się stężenie takiego gazu w próbce spalin.

Aby zapewnić całkowite wymieszanie się gazu znakującego, sondę do pobierania próbek spalin należy umieścić co najmniej w odległości 1 m lub odległości równej 30-krotności średnicy rury wydechowej za punktem wprowadzenia gazu znakującego (w kierunku przepływu), w zależności od tego, która wartość jest większa. Sondę do pobierania próbek można umieścić bliżej punktu wprowadzenia gazu, jeżeli całkowite wymieszanie jest sprawdzane poprzez porównanie stężenia gazu znakującego ze stężeniem odniesienia, w przypadku gdy gaz znakujący jest wprowadzany przed silnikiem (w kierunku przeciwnym do przepływu).

Natężenie przepływu gazu znakującego ustawia się tak, aby jego stężenie przy jałowym biegu silnika po wymieszaniu było mniejsze niż pełna skala analizatora gazu znakującego.

Przepływ gazów spalinowych oblicza się w następujący sposób:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \cdot \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda} \right)$$

przy czym  $A/F_{st} = 14,5$

$$\lambda = \frac{\left( 100 - \frac{conc_{CO} \cdot 10^{-4}}{2} - conc_{HC} \cdot 10^{-4} \right) + \left( 0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot conc_{CO} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot conc_{CO_2}}}{1 + \frac{conc_{CO} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot conc_{CO_2}}} \right) \cdot (conc_{CO_2} + conc_{CO} \cdot 10^{-4})}{6,9078 \cdot (conc_{CO_2} + conc_{CO} \cdot 10^{-4} + conc_{HC} \cdot 10^{-4})}$$

gdzie:

$A/F_{st}$  = stechiometryczny stosunek powietrze/paliwo (kg/kg)

$\lambda$  = względny stosunek powietrze/paliwo

$conc_{CO_2}$  = stężenie CO<sub>2</sub> na bazie suchej (%)

$conc_{CO}$  = stężenie CO na bazie suchej (ppm)

$conc_{HC}$  = stężenie węglowodorów (ppm)

Uwaga: obliczenia dotyczą oleju napędowego o stosunku H/C równym 1,8.

Przepływomierz powietrza musi być zgodny ze specyfikacją dokładności zawartą w tabeli 3, użyty analizator CO<sub>2</sub> musi być zgodny ze specyfikacją zawartą w pkt 2.3.1, a cały układ musi być zgodny ze specyfikacją dokładności dla przepływu gazów spalinowych.

Opcjonalnie do pomiarów stosunku powietrza nadmiarowego można wykorzystać urządzenia do pomiaru stosunku powietrza do paliwa, takie jak czujnik z dwutlenkiem cyrkonu, zgodnie ze specyfikacjami z pkt 2.3.4.

#### 2.2.4. Natężenie przepływu rozcieńczonych spalin

Do obliczenia poziomu emisji zanieczyszczeń w rozcieńczonych spalinach niezbędne jest ustalenie masowego natężenia przepływu rozcieńczonych spalin. Wielkość przepływu całkowitego spalin w cyklu (kg/badanie) oblicza się z wartości zmierzonych w cyklu i odpowiadających im danych wzorcowych z urządzenia do pomiaru przepływu ( $V_0$  dla PDP,  $K_V$  dla CFV,  $C_d$  dla SSV): należy zastosować odpowiednie metody opisane w pkt 2.2.1 dodatku 3. Jeżeli masa całkowita próbki cząstek stałych i zanieczyszczeń gazowych przekracza 0,5 % całkowitego przepływu CVS, to koryguje się przepływ CVS lub przepływ próbki cząstek stałych zwraca się do CVS przed skierowaniem go do urządzenia mierzącego przepływ.

### 2.3. Oznaczanie składników gazowych

#### 2.3.1. Ogólne specyfikacje analizatora

Analizatory muszą mieć zakres pomiaru odpowiadający dokładności wymaganej do mierzenia stężeń składników gazowych w spalinach (pkt 1.4.1.1). Zaleca się takie działanie analizatorów, aby zmierzone stężenia mieściły się w zakresie między 15 % i 100 % pełnej skali.

Jeżeli wartość pełnej skali wynosi 155 ppm (lub ppm C) lub mniej, lub gdy stosowane są układy odczytu (komputery, rejestratory danych) zapewniające wystarczającą dokładność i rozdzielczość poniżej 15 % pełnej skali, stężenia poniżej 15 % pełnej skali są również dopuszczalne. W takim przypadku należy przeprowadzić dodatkowe wzorcowania, aby zapewnić dokładność krzywych wzorcowania – pkt 1.5.5.2 dodatku 2 do załącznika 4A.

Aby ograniczyć dodatkowe błędy, kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) urządzeń musi odpowiadać wyznaczonemu poziomowi.

#### 2.3.1.1. Błąd pomiarowy

Analizator nie może wykazywać odchylenia od nominalnego punktu wzorcowego o więcej niż  $\pm 2\%$  odczytu lub  $\pm 0,3\%$  całej skali, w zależności od tego, która wartość jest większa.

*Uwaga:* na potrzeby niniejszego regulaminu dokładność definiuje się jako odchylenie odczytu analizatora od nominalnych wartości wzorcowania ustalonych z wykorzystaniem gazu wzorcowego (= wartość rzeczywista).

#### 2.3.1.2. Powtarzalność

Powtarzalność, określona jako 2,5-krotność odchylenia standardowego 10 powtarzalnych odpowiedzi na dany gaz wzorcowy lub gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego, nie może być większa niż  $\pm 1\%$  stężenia pełnej skali dla każdego zakresu zastosowanego powyżej 155 ppm (lub ppm C) lub  $\pm 2\%$  dla każdego zakresu zastosowanego poniżej 155 ppm (lub ppm C).

#### 2.3.1.3. Szum

Różnica wartości szczytowych odpowiedzi analizatora na gaz zerowy i na gaz wzorcowy lub wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego w dowolnym 10-sekundowym okresie nie może przekraczać 2% pełnej skali we wszystkich używanych zakresach.

#### 2.3.1.4. Błąd pełzania zera

Błąd pełzania zera w okresie jednej godziny musi być mniejszy niż 2% pełnej skali najniższego z wykorzystywanych zakresów. Odpowiedź na gaz zerowy jest definiowana jako średnia odpowiedź, włączając szum, na gaz zerowy w przedziale 30 s.

#### 2.3.1.5. Błąd pełzania zakresu pomiarowego

Błąd pełzania zakresu pomiarowego w okresie jednej godziny musi być mniejszy niż 2% pełnej skali najniższego z wykorzystywanych zakresów. Zakres pomiarowy jest definiowany jako różnica pomiędzy odpowiedzią na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego i odpowiedzią na gaz zerowy. Odpowiedź na gaz wzorcowy jest definiowana jako średnia odpowiedź, włączając szum, na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego w przedziale 30 sekund.

#### 2.3.1.6. Czas narastania

W przypadku analizy nierozcieńczonych spalin czas narastania dla analizatora zainstalowanego w układzie pomiarowym nie może przekraczać 2,5 s.

*Uwaga:* sama ocena czasu odpowiedzi analizatora nie pozwala jednoznacznie określić przydatności całego układu do badań niestacjonarnych. Objętości w całym układzie, a w szczególności objętości martwe, wpływają nie tylko na czas transportu z sondy próbkującej do analizatora, ale również na czas narastania. Także czasy transportu wewnątrz analizatora należy określić jako czas odpowiedzi analizatora, na przykład czas transportu przez konwerter lub pułapki wodne w analizatorach NO<sub>x</sub>. Określenie czasu odpowiedzi całego układu zostało opisane w pkt 1 dodatku 2.11.1.

#### 2.3.2. Suszenie gazu

Stosuje się takie same specyfikacje jak dla cyklu badawczego NRSC (pkt 1.4.2), jak opisano poniżej.

Wpływ ewentualnego urządzenia do osuszania gazu na stężenie mierzonych gazów musi być minimalny. Stosowanie osuszaczy chemicznych nie jest dopuszczalną metodą usuwania wody z próbki.

#### 2.3.3. Analizatory

Stosuje się takie same specyfikacje jak dla cyklu badawczego NRSC (pkt 1.4.3), jak opisano poniżej.

Mierzone gazy analizuje się za pomocą następujących przyrządów. W przypadku analizatorów nieliniowych dopuszcza się używanie obwodów liniujących.

##### 2.3.3.1. Analiza tlenku węgla (CO)

Analizator tlenku węgla musi być analizatorem typu niedyspersyjnego działającym na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego (NDIR).

##### 2.3.3.2. Analiza dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>)

Analizator dwutlenku węgla musi być analizatorem typu niedyspersyjnego działającym na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego (NDIR).

### 2.3.3.3. Analiza węglowodorów (HC)

Analizator węglowodorów musi być ogrzewanym detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (HFID), w którym czujnik, zawory, przewody itd. są ogrzewane w sposób zapewniający utrzymanie temperatury gazu w przedziale 463 K (190 °C)  $\pm$  10 K.

### 2.3.3.4. Analiza tlenków azotu (NO<sub>x</sub>)

Analizator tlenków azotu musi być detektorem chemiluminescencyjnym (CLD) lub ogrzewanym detektorem chemiluminescencyjnym (HCLD) z konwertorem NO<sub>2</sub>/NO, jeżeli pomiaru dokonuje się w stanie suchym. Jeżeli pomiaru dokonuje się w stanie mokrym, wykorzystuje się detektor HCLD z konwertorem utrzymywanym w temperaturze wyższej niż 328 K (55 °C), pod warunkiem że sprawdzenie tłumiącego wpływu wody wypadło pozytywnie (pkt 1.9.2.2 dodatku 2 do załącznika 4A).

Zarówno w przypadku CLD, jak HCLD utrzymuje się temperaturę ścianek ciągu pobierania próbek na poziomie 328 K–473 K (55 °C–200 °C) na odcinku do konwertora dla pomiarów w stanie suchym oraz do analizatora dla pomiarów w stanie mokrym.

### 2.3.4. Pomiar stosunku powietrza do paliwa

Urządzeniem do pomiaru stosunku powietrza do paliwa używanym do określenia przepływu gazów spalinowych, jak określono w pkt 2.2.3, musi być czujnik stosunku powietrza do paliwa o szerokim zakresie lub czujnik lambda wykorzystujący dwutlenek cyrkonu.

Czujnik montuje się bezpośrednio na rurze wydechowej, w miejscu, w którym temperatura gazów spalinowych jest wystarczająco wysoka, by uniemożliwić skraplanie się wody.

Dokładność czujnika i towarzyszących urządzeń elektronicznych musi zawierać się w przedziale:

$\pm$  3 % odczytu  $\lambda < 2$

$\pm$  5 % odczytu  $2 \leq \lambda < 5$

$\pm$  10 % odczytu  $5 \leq \lambda$

Aby spełnić powyższe wymagania dotyczące dokładności, należy wzorcować czujnik zgodnie ze specyfikacją producenta.

### 2.3.5. Pobieranie próbek emisji gazowych

#### 2.3.5.1. Przepływ nierozcieńczonych gazów spalinowych

Do obliczania emisji w nierozcieńczonych spalinach stosuje się takie same specyfikacje jak dla cyklu badawczego NRSC (pkt 1.4.4), jak opisano poniżej.

Sondy do pobierania próbek emisji zanieczyszczeń gazowych instaluje się co najmniej w odległości 0,5 m lub odległości stanowiącej trzykrotność średnicy rury wydechowej, w zależności od tego, która z tych wartości jest większa, przed ujściem układu wydechowego (w kierunku przeciwnym do przepływu) i wystarczająco blisko silnika, aby zapewnić temperaturę spalin na sondzie wynoszącą co najmniej 343 K (70 °C).

W przypadku silników wielocylindrowych z rozgałęzionym kolektorem wylotowym wlot sondy należy umieścić wystarczająco daleko w kierunku przepływu, aby zapewnić reprezentatywność próbki dla średniej emisji spalin ze wszystkich cylindrów. W przypadku silników wielocylindrowych z oddzielnymi grupami kolektorów wydechowych, takich jak silniki widlaste, dopuszcza się pobieranie próbki z każdej z grup oddzielnie i obliczanie średniego poziomu emisji spalin. Można wykorzystywać także inne metody pod warunkiem, że wykazano ich korelację z metodami omówionymi powyżej. Do obliczenia poziomu emisji spalin wykorzystuje się całkowite masowe natężenie przepływu spalin z silnika.

#### 2.3.5.2. Natężenie przepływu rozcieńczonych spalin

W przypadku stosowania układu rozcieńczania przepływu całkowitego stosuje się następujące specyfikacje.

Rura wydechowa na odcinku między silnikiem a układem rozcieńczania przepływu całkowitego musi spełniać wymagania dodatku 4 do załącznika 4A.

Sondę(-y) do próbkowania emisji zanieczyszczeń gazowych instaluje się w tunelu rozcieńczającym w punkcie, gdzie powietrze rozcieńczające i spaliny są dobrze wymieszane, w pobliżu sondy próbkującej cząstki stałe.

Pobieranie próbek można zasadniczo przeprowadzić na dwa sposoby:

- próbki zanieczyszczeń gromadzi się w trakcie cyklu w workach do pobierania próbek i mierzy po zakończeniu badania;
- próbki zanieczyszczeń pobiera się w sposób ciągły i całkuje po czasie cyklu; metoda ta jest obowiązkowa dla węglowodorów i NO<sub>x</sub>.

Próbki do pomiarów stężenia tła pobiera się przed tunelem rozcieńczania (w kierunku przeciwnym do przepływu) do worka do pobierania próbek i stężenia te odejmuje się od stężeń emisji, zgodnie z pkt 2.2.3 dodatku 3.

#### 2.4. Oznaczanie cząstek stałych

Oznaczanie cząstek stałych wymaga układu rozcieńczania. Rozcieńczanie można przeprowadzić za pomocą układu rozcieńczania przepływu częściowego lub układu rozcieńczania przepływu całkowitego. Przepustowość układu rozcieńczania musi być odpowiednio duża, aby całkowicie wykluczyć skraplanie wody w układach rozcieńczania i pobierania próbek oraz zapewnić utrzymanie temperatury rozcieńczonych spalin bezpośrednio przed osadkami filtra (w kierunku przeciwnym do przepływu) w przedziale od 315 K (42 °C) do 325 K (52 °C). Dopuszcza się osuszanie powietrza rozcieńczającego przed wprowadzeniem go do układu rozcieńczania, jeżeli wilgotność powietrza jest duża. Jeżeli temperatura otoczenia jest mniejsza niż 293 K (20 °C), zaleca się wstępne ogrzanie powietrza rozcieńczającego powyżej górnej temperatury granicznej wynoszącej 303 K (30 °C). Jednakże temperatura powietrza rozcieńczającego przed wprowadzeniem spalin do tunelu rozcieńczania nie może przekraczać 325 K (52 °C).

Sondę do pobierania próbek cząstek stałych instaluje się w pobliżu sondy do pobierania próbek emisji zanieczyszczeń gazowych, a instalacja musi być zgodna z przepisami pkt 2.3.5.

Do wyznaczenia masy cząstek stałych wymagany jest układ pobierania próbek cząstek stałych, filtry do pobierania próbek cząstek stałych, waga mikrogramowa oraz komora wagowa z regulacją temperatury i wilgotności.

Specyfikacje układu rozcieńczania przepływu częściowego

Układ rozcieńczania przepływu częściowego musi być zaprojektowany w taki sposób, by dzielić strumień spalin na dwie części, z których mniejsza część jest rozcieńczana powietrzem, a następnie wykorzystywana do mierzenia emisji cząstek stałych. Z tego względu konieczne jest, aby stosunek rozcieńczenia został określony bardzo dokładnie. Można zastosować różne metody rozdziału strumienia spalin, przy czym rodzaj rozdziału w znacznym stopniu decyduje o stosowanych urządzeniach do próbkowania oraz procedurach (pkt 1.2.1.1 dodatku 4 do załącznika 4A).

Do sterowania układem rozcieńczania przepływu częściowego konieczny jest system o krótkim czasie odpowiedzi. Czas przekształcenia układu należy ustalić przy pomocy procedury opisanej w pkt 1 dodatku 2.11.1.

Jeżeli połączony czas przekształcenia pomiaru przepływu spalin (zob. poprzedni punkt) i układu rozcieńczania przepływu częściowego wynosi mniej niż 0,3 s, można zastosować sterowanie w trybie online. Jeżeli czas przekształcenia przekracza 0,3 s, stosuje się sterowanie antycypacyjne w oparciu o uprzednio zarejestrowany przebieg próbny. W takim przypadku czas narastania musi wynosić  $\leq 1$  s, a opóźnienie połączenia  $\leq 10$  s.

Łączną odpowiedź układu należy zaprojektować tak, aby zapewniać pobranie reprezentatywnej próbki cząstek stałych G<sub>SE</sub> proporcjonalnej do masowego przepływu spalin. Aby ustalić proporcjonalność, należy przeprowadzić analizę metodą regresji GSE w zależności od G<sub>EXHW</sub> przy minimalnej częstotliwości pozyskiwania danych 5 Hz, przy spełnieniu następujących kryteriów:

- współczynnik korelacji  $r$  regresji liniowej między G<sub>SE</sub> a G<sub>EXHW</sub> musi wynosić nie mniej niż 0,95;
- standardowy błąd szacunku G<sub>SE</sub> względem G<sub>EXHW</sub> nie może przekraczać 5 % maksymalnej wartości GSE;
- rzędna punktu przecięcia linii regresji z G<sub>SE</sub> nie może się różnić od maksymalnej wartości G<sub>SE</sub> o więcej niż  $\pm 2$  %.

Opcjonalnie można przeprowadzić badanie wstępne, a sygnał przepływu masowego spalin z badania wstępnego wykorzystać do sterowania przepływem próbek do układu próbkowania cząstek stałych (sterowanie antycypacyjne). Taka procedura jest wymagana, jeżeli czas przekształcenia układu próbkowania cząstek stałych  $t_{50,P}$  lub czas przekształcenia sygnału masowego przepływu spalin  $t_{50,F}$  przekraczają 0,3 s. Uzyskano odpowiednie sterowanie układem rozcieńczania przepływu częściowego, jeżeli przebieg czasowy G<sub>EXHW,pre</sub> z badania wstępnego, który steruje G<sub>SE</sub>, jest przesunięty o czas „antycypowany”  $t_{50,P} + t_{50,F}$ .

Do ustalenia współzależności między GSE i GEXHW wykorzystuje się dane uzyskane podczas badania właściwego, przy czym GEXHW zestrzaja się czasowo o  $t_{50,F}$  względem GSE (brak udziału  $t_{50,P}$  w zestrzajaniu czasu). Oznacza to, że przesunięcie czasu między GEXHW a GSE stanowi różnicę ich czasów przekształcenia, które zostały wyznaczone w pkt 2.6 dodatku 2.

Dla układów rozcieńczania przepływu częściowego dokładność pomiaru przepływu próbki G<sub>SE</sub> ma szczególne znaczenie, jeżeli przepływ nie jest mierzony bezpośrednio, ale oznaczany poprzez pomiar różnicy przepływu:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

W tym przypadku dokładność  $\pm 2$  % dla G<sub>TOTW</sub> i G<sub>DILW</sub> nie wystarcza do zagwarantowania dopuszczalnej dokładności G<sub>SE</sub>. Jeżeli przepływ gazu oznaczany jest przy pomocy pomiaru różnicy przepływu, maksymalny dopuszczalny błąd różnicy jest taki, że dokładność G<sub>SE</sub> mieści się w zakresie  $\pm 5$  %, jeżeli stosunek rozcieńczenia jest mniejszy niż 15. Można go obliczyć, wyciągając średnią kwadratową błędów na każdym przyrządzie.

Dopuszczalne dokładności  $G_{SE}$  można otrzymać przy pomocy jednej z następujących metod:

- Dokładności bezwzględne  $G_{TOTW}$  oraz  $G_{DILW}$  wynoszą  $\pm 0,2\%$ , co gwarantuje dokładność  $G_{SE} \leq 5\%$  przy stosunku rozcieńczenia wynoszącym 15. Jednakże przy większych stosunkach rozcieńczenia pojawią się większe błędy.
- Wzorcowanie  $G_{DILW}$  względem  $G_{TOTW}$  przeprowadzane jest w taki sposób, aby uzyskać te same dokładności dla  $G_{SE}$  jak w lit. a). Szczegóły takiego wzorcowania znajdują się w pkt 2.6 dodatku 2.
- Dokładność  $G_{SE}$  oznaczana jest pośrednio z dokładności stosunku rozcieńczenia określonego przy użyciu gazu znakującego, np.  $CO_2$ . Podobnie, wymagane są dokładności równoważne metodzie podanej w lit. a) dla  $G_{SE}$ .
- Dokładność bezwzględna  $G_{TOTW}$  oraz  $G_{DILW}$  mieści się w przedziale  $\pm 2\%$  pełnej skali, maksymalny błąd różnicy między  $G_{TOTW}$  oraz  $G_{DILW}$  mieści się w zakresie  $0,2\%$ , a błąd liniowości mieści się w zakresie  $\pm 0,2\%$  najwyższej wartości  $G_{TOTW}$  stwierdzonej podczas badania.

#### 2.4.1. Filtry do pobierania próbek cząstek stałych

##### 2.4.1.1. Specyfikacja filtrów

Do badań certyfikacyjnych wymagane są filtry z włókna szklanego powlekanego fluoropochodnymi węglowodorów lub filtry z membraną na bazie fluoropochodnych węglowodorów. Do zastosowań specjalnych mogą być stosowane inne materiały filtracyjne. Wszystkie typy filtrów muszą charakteryzować się sprawnością zbierania ziaren  $0,3\ \mu m$  DOP (ftalanu dioktylu) wynoszącą co najmniej  $99\%$  przy prędkości przepływu gazu na czole filtra między  $35$  a  $100\ cm/s$ . Przy wykonywaniu badań korelacyjnych między laboratoriami lub producentem a organem udzielającym homologacji należy stosować filtry takiej samej jakości.

##### 2.4.1.2. Wielkość filtra

Filtry cząstek stałych muszą mieć minimalną średnicę  $47\ mm$  ( $37\ mm$  średnicy osadu). Dopuszcza się filtry o większej średnicy (pkt 2.4.1.5).

##### 2.4.1.3. Filtry pierwotne i wtórne

Próbkę rozcieńczonych spalin pobiera się podczas sekwencji badania za pomocą pary filtrów umieszczonych w szeregu (jednego filtra pierwotnego i jednego filtra wtórnego). Filtr wtórny umieszcza się nie dalej niż w odległości  $100\ mm$  za filtrem pierwotnym (w kierunku przepływu) i nie może się on stykać z filtrem pierwotnym. Filtry można ważyć oddzielnie lub jako parę, przy czym ustawia się je do siebie stronami z osadem.

##### 2.4.1.4. Prędkość na czole filtra

Prędkość przepływu gazów na czole filtra musi wynosić  $35\text{--}100\ cm/s$ . Wzrost oporów przepływu między początkiem i końcem badania nie może wynosić więcej niż  $25\ kPa$ .

##### 2.4.1.5. Obciążenie filtra

Zalecane minimalne obciążenie filtra dla najbardziej powszechnych rozmiarów filtrów podano w tabeli poniżej. Dla większych filtrów minimalne obciążenie musi wynosić  $0,065\ mg/1\ 000\ mm^2$  powierzchni filtrującej.

| Średnica filtra (mm) | Zalecana średnica osadu (mm) | Zalecane obciążenie minimalne (mg) |
|----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 47                   | 37                           | 0,11                               |
| 70                   | 60                           | 0,25                               |
| 90                   | 80                           | 0,41                               |
| 110                  | 100                          | 0,62                               |

#### 2.4.2. Specyfikacje komory wagowej i wagi analitycznej

##### 2.4.2.1. Warunki dla komory wagowej

Temperaturę komory (lub pomieszczenia), w którym kondycjonuje się i waży filtry cząstek stałych, utrzymuje się w przedziale  $295\ K$  ( $22\ ^\circ C$ )  $\pm 3\ K$  przez cały czas kondycjonowania i ważenia wszystkich filtrów. Wilgotność utrzymuje się w punkcie rosy  $282,5$  ( $9,5\ ^\circ C$ )  $\pm 3\ ^\circ K$ , a wilgotność względną na poziomie  $45 \pm 8\ %$ .

#### 2.4.2.2. Ważenie filtra odniesienia

Otoczenie komory (lub pomieszczenia) musi być wolne od zanieczyszczeń powietrza otaczającego (takich jak kurz), które osadzałyby się na filtrach cząstek stałych podczas ich stabilizowania. Dopuszcza się odchylenia od specyfikacji warunków pomieszczenia wagowego podanych w pkt 2.4.2.1, jeżeli czas trwania zakłóceń nie przekracza 30 minut. Przed wejściem personelu do komory wagowej komora wagowa powinna spełniać wymagane specyfikacje. W ciągu czterech godzin od zważenia filtra (pary filtrów) do pobierania próbek, a najlepiej podczas takiego ważenia, należy zważyć co najmniej dwa nieużywane filtry odniesienia lub pary filtrów odniesienia. Filtry te muszą być tej samej wielkości i z tego samego materiału, co filtry do próbkowania.

Jeżeli średnia waga filtrów odniesienia (par filtrów odniesienia) zmienia się pomiędzy kolejnymi ważeniami filtra do próbkowania o ponad 10 µg, to wszystkie filtry do próbkowania należy odrzucić, a badanie emisji powtórzyć.

Jeżeli nie są spełnione kryteria stabilności komory wagowej podane w pkt 2.4.2.1, ale ważenie filtra odniesienia (pary) spełnia powyższe kryteria, producent silnika może zaakceptować wagę filtrów do pobierania próbek lub też uznać badania za nieważne, wyregulować układ sterowania komory wagowej i powtórzyć badanie.

#### 2.4.2.3. Waga analityczna

Waga analityczna wykorzystywana do oznaczania wagi wszystkich filtrów musi charakteryzować się precyzją (odchylenie standardowe) wynoszącą 2 µg oraz rozdzielczością wynoszącą 1 µg (1 cyfra = 1 µg) określoną przez producenta wagi.

#### 2.4.2.4. Eliminacja wpływu statycznych ładunków elektrycznych

Aby wyeliminować wpływ statycznych ładunków elektrycznych, przed ważeniem filtry należy zneutralizować, np. przy pomocy neutralizatora polonowego lub urządzenia o podobnym działaniu.

#### 2.4.3. Dodatkowe specyfikacje pomiaru emisji cząstek stałych

Wszystkie części układu rozcieńczania i układu próbkowania od rury wydechowej do obsadki filtra, które stykają się z nierozcieńczonymi i rozcieńczonymi spalinami, muszą być zaprojektowane w taki sposób, aby ograniczyć osadzanie się lub przemianę cząstek stałych. Wszystkie części muszą być wykonane z materiałów przewodzących elektryczność, które nie wchodzi w reakcję ze składnikami spalin, i należy je uziemić w celu wyeliminowania wpływu ładunków elektrostatycznych.

---



## Dodatek 2

**Procedura wzorcowania (NRSC, NRTC <sup>(1)</sup>)**

## 1. WZORCOWANIE PRZYRZĄDÓW ANALITYCZNYCH

## 1.1. Wprowadzenie

Każdy analizator należy wzorcować tak często jak jest to konieczne w celu spełnienia wymagań niniejszego regulaminu dotyczących dokładności. Należy stosować metodę wzorcowania opisaną w niniejszym punkcie dla analizatorów wskazanych w pkt 1.4.3 dodatku 1.

Na wniosek producenta i za zgodą organu udzielającego homologacji metody opisane w pkt 8.1 i 8.2 załącznika 4B mogą być zastosowane alternatywnie wobec opisanych w pkt 1 niniejszego dodatku.

## 1.2. Gazy wzorcowe

Należy przestrzegać maksymalnego okresu przechowywania wszystkich gazów wzorcowych.

Należy zapisać datę upływu okresu ważności gazów wzorcowych podaną przez producenta.

## 1.2.1. Gazy czyste

Wymagana czystość gazów jest określona wartościami granicznymi zanieczyszczeń podanymi poniżej. Do pracy muszą być dostępne następujące gazy:

## a) Oczyszczony azot

(zanieczyszczenie  $\leq 1$  ppm C,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)

## b) Oczyszczony tlen

(czystość  $> 99,5$  % obj. O<sub>2</sub>)

## c) Mieszanka wodoru i helu

( $40 \pm 2$  % wodór, hel dopełnienie)

(zanieczyszczenie  $\leq 1$  ppm C,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>)

## d) Oczyszczone powietrze syntetyczne

(zanieczyszczenie  $\leq 1$  ppm C,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)

(zawartość tlenu między 18 a 21 % objętości)

## 1.2.2. Gazy wzorcowe i gazy wzorcowe do ustawiania zakresu pomiarowego

Muszą być dostępne mieszaniny gazów o następującym składzie chemicznym:

a) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> i oczyszczone powietrze syntetyczne (zob. pkt 1.2.1.);

## b) CO i oczyszczony azot;

c) NO i oczyszczony azot (ilość NO<sub>2</sub> znajdująca się w tym gazie wzorcowym nie może przekraczać 5 % zawartości NO);d) O<sub>2</sub> i oczyszczony azot;e) CO<sub>2</sub> i oczyszczony azot;f) CH<sub>4</sub> i oczyszczone powietrze syntetyczne;g) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> i oczyszczone powietrze syntetyczne.

*Uwaga:* dopuszcza się inne mieszaniny gazów, pod warunkiem że gazy te nie wchodzi z sobą w reakcję.

Rzeczywiste stężenia gazu wzorcowego i gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego nie mogą się różnić od wartości nominalnej o więcej niż  $\pm 2$  %. Wszystkie stężenia gazów wzorcowych wyraża się objętościowo (procent objętościowy lub objętościowe ppm).

Gazy użyte do wzorcowania i ustawiania zakresu pomiarowego można również uzyskać przez rozdzielanie gazów, rozcieńczanie oczyszczonym N<sub>2</sub> lub oczyszczonym powietrzem syntetycznym. Dokładność urządzenia mieszającego musi być taka, aby stężenie rozcieńczonych gazów wzorcowych można było oznaczyć z dokładnością do  $\pm 2$  %.

<sup>(1)</sup> Procedura wzorcowania jest wspólna dla badań NRSC i NRTC, za wyjątkiem wymagań określonych w pkt 1.11 i 2.6.

Taka dokładność oznacza, że gazy pierwotne wykorzystane w mieszance muszą być znane z dokładnością przynajmniej  $\pm 1\%$  i wykrywalne zgodnie z normami krajowymi lub międzynarodowymi dla gazów. Weryfikację należy przeprowadzić między 15 a 50 % pełnego zakresu dla każdego wzorcowania z użyciem urządzenia mieszającego. Jeżeli pierwsza weryfikacja nie dała pozytywnego rezultatu, można przeprowadzić dodatkową weryfikację przy użyciu innego gazu wzorcowego.

Opcjonalnie urządzenie mieszające można też sprawdzić przyrządem o charakterze liniowym, np. wykorzystując gaz NO z CLD. Wartość punktu końcowego zakresu przyrządu należy ustawić przy pomocy gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego, podłączonego bezpośrednio do przyrządu. Urządzenie mieszające należy sprawdzić przy używanych ustawieniach, a wartość nominalną należy porównać ze stężeniem zmierzonym za pomocą przyrządu. Różnica między tymi wartościami w każdym punkcie nie może być większa niż  $\pm 1\%$  wartości nominalnej.

Można zastosować inne metody w oparciu o właściwą ocenę techniczną i za wcześniejszą zgodą zainteresowanych stron.

Uwaga: Do wyznaczenia dokładnej krzywej wzorcowania analizatora zaleca się stosowanie precyzyjnego rozdzielacza gazu o dokładności w granicach  $\pm 1\%$ . Rozdzielacz gazu jest wzorcowany przez producenta przyrządu.

### 1.3. Procedura eksploatacji analizatorów i układu pobierania próbek

Procedura eksploatacji analizatorów musi być zgodna z instrukcjami dotyczącymi uruchomienia i eksploatacji wskazanymi przez producenta przyrządu. Uwzględnić się wymagania minimalne przedstawione w pkt 1.4–1.9.

### 1.4. Badanie szczelności

Należy przeprowadzić badanie szczelności układu. Sondę odłącza się od układu wydechowego, a na końcach sondy umieszcza się zaślepki. Włącza się pompę analizatora. Po okresie wstępnej stabilizacji wszystkie przepływomierze powinny wskazywać zero. W przeciwnym razie sprawdza się ciągi pobierania próbek i naprawia awarię. Maksymalna dopuszczalna wartość natężenia przepływu przez nieszczelności po stronie próżniowej kontrolowanego odcinka układu nie może być większa niż 0,5 % natężenia przepływu wykorzystywanego podczas pracy. Do ustalenia natężenia przepływów wykorzystywanych podczas pracy można wykorzystać przepływy przez analizator i obwód bocznikowy.

Inną metodą jest zastosowanie skokowej zmiany stężenia na początku linii próbkowania poprzez przełączenie z gazu zerowego na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego.

Jeżeli po upływie odpowiedniego czasu odczyt wskazuje stężenie mniejsze niż wprowadzone, wskazuje to na problemy z wzorcowaniem lub nieszczelność.

### 1.5. Procedura wzorcowania

#### 1.5.1. Zespół przyrządów

Zespół przyrządów należy wywzorcować, a krzywe wzorcowania sprawdzić pod względem gazów normalnych. Stosuje się te same wielkości natężenia przepływu gazów, które zastosowano podczas pobierania próbek spalin.

#### 1.5.2. Czas rozgrzewania

Czas rozgrzewania musi być zgodny z zaleceniami producenta. Jeżeli nie został określony, zalecany minimalny czas rozgrzewania analizatorów wynosi dwie godziny.

#### 1.5.3. Analizatory NDIR i HFID

Analizator NDIR dostraja się stosownie do potrzeb, natomiast płomień spalania analizatora HFID należy zoptymalizować (pkt 1.8.1).

#### 1.5.4. Wzorcowanie

Należy wywzorcować każdy normalnie wykorzystywany zakres roboczy.

Wykorzystując oczyszczone powietrze syntetyczne (lub azot), analizatory CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC i O<sub>2</sub> należy wyzerować.

Do analizatorów wprowadza się odpowiednie gazy wzorcowe, odnotowuje się wartości i wyznacza krzywą wzorcowania zgodnie z pkt 1.5.6.

Ponownie sprawdza się zerowanie i w razie potrzeby powtarza procedurę wzorcowania.

#### 1.5.5. Wyznaczanie krzywej wzorcowania

##### 1.5.5.1. Wytyczne ogólne

Krzywą wzorcowania analizatora wyznacza się w oparciu o co najmniej sześć punktów wzorcowania (wyłączając zero) rozłożonych możliwie równomiernie. Największe stężenie nominalne musi wynosić co najmniej 90 % pełnej skali.

Krzywą wzorcowania oblicza się metodą najmniejszych kwadratów. Jeżeli stopień wielomianu będącego wynikiem jest większy niż trzy, liczba punktów wzorcowania (włącznie z zerem) musi być co najmniej równa temu stopniowi wielomianu powiększonemu o dwa.

Krzywą wzorcowania nie może odbiegać od wartości nominalnej każdego punktu wzorcowania o więcej niż  $\pm 2\%$  i o więcej niż  $\pm 0,3\%$  w pełnej skali w punkcie zerowym.

W oparciu o krzywą wzorcowania i punkty wzorcowania można zweryfikować, czy wzorcowanie przeprowadzono prawidłowo. Należy wskazać różne parametry charakterystyczne analizatora, w szczególności:

- a) zakres pomiarowy;
- b) czułość;
- c) datę przeprowadzenia wzorcowania.

#### 1.5.5.2. Wzorcowanie poniżej 15 % pełnej skali

Krzywą wzorcowania analizatora wyznacza się w oparciu o co najmniej dziesięć punktów wzorcowania (wyłączając zero) rozłożonych w taki sposób, aby 50 % punktów wzorcowania znajdowało się poniżej 10 % pełnej skali.

Krzywą wzorcowania oblicza się metodą najmniejszych kwadratów.

Krzywa wzorcowania nie może odbiegać od wartości nominalnej każdego punktu wzorcowania o więcej niż  $\pm 4\%$  i o więcej niż  $\pm 0,3\%$  w pełnej skali w punkcie zerowym.

#### 1.5.5.3. Metody alternatywne

Jeżeli można wykazać, że technologia alternatywna (np. komputer, przełącznik zakresu sterowany elektronicznie itp.) daje równoważną dokładność, można zastosować taką technologię alternatywną.

#### 1.6. Weryfikacja wzorcowania

Każdy zwykle wykorzystywany zakres roboczy należy sprawdzić przed każdą analizą zgodnie z poniższą procedurą.

Wzorcowanie sprawdza się za pomocą gazu zerowego i gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego, których wartość nominalna jest większa niż 80 % pełnej skali zakresu pomiarowego.

Jeżeli dla dwóch rozważanych punktów stwierdzona wartość nie różni się od deklarowanej wartości odniesienia o więcej niż  $\pm 4\%$  pełnej skali, można zmodyfikować parametry nastawienia. Jeżeli tak nie jest, należy wyznaczyć nową krzywą wzorcowania zgodnie z pkt 1.5.4.

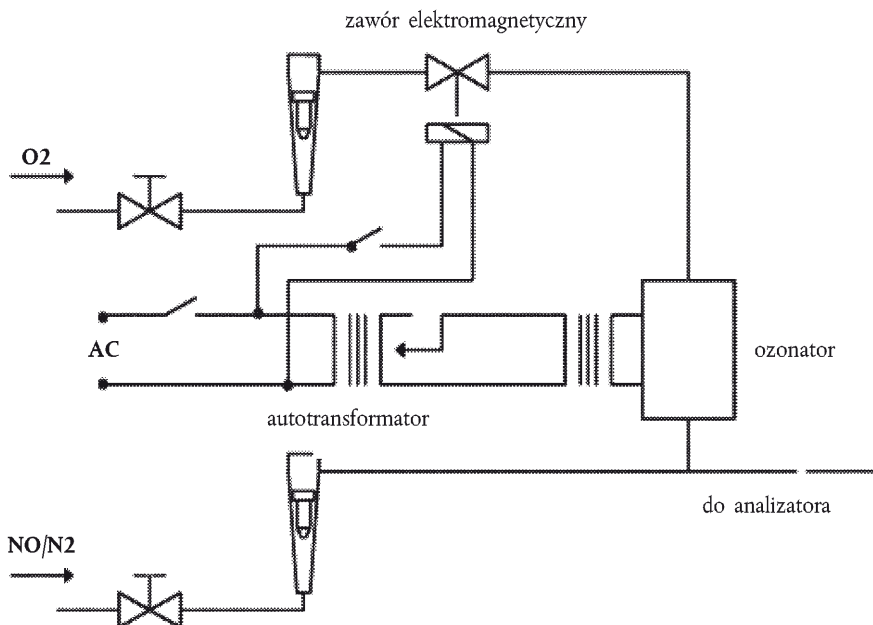
#### 1.7. Badanie sprawności konwertora $\text{NO}_x$

Wydajność konwertora używanego do przekształcania  $\text{NO}_2$  na  $\text{NO}$  sprawdza się w sposób przedstawiony w pkt 1.7.1–1.7.8 (rysunek 1).

##### 1.7.1. Ustawienie badawcze

Wykorzystując ustawienie badawcze przedstawione na rys. 1 (zob. również pkt 1.4.3.5 dodatku 1) oraz procedurę przedstawioną poniżej, sprawność konwertorów można zbadać za pomocą ozonatora.

Rysunek 1

Schemat urządzenia do pomiaru sprawności konwertora NO<sub>2</sub>

## 1.7.2. Wzorcowanie

CLD i HCLD wzorcuje się w najczęściej stosowanym zakresie roboczym zgodnie ze specyfikacjami producenta, używając gazu zerowego i gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego (którego zawartość NO musi wynosić około 80 % zakresu roboczego, a stężenie NO<sub>2</sub> w mieszance gazu musi wynosić mniej niż 5 % stężenia NO). Analizator NO<sub>x</sub> musi znajdować się w trybie NO, tak by gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego nie przechodził przez konwertor. Należy odnotować wskazane stężenie.

## 1.7.3. Obliczenia

Sprawność konwertora NO<sub>x</sub> oblicza się w następujący sposób:

$$\text{Efficiency (\%)} = \left( 1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \cdot 100$$

gdzie:

$a$  = stężenie NO<sub>x</sub> zgodnie z pkt 1.7.6.

$b$  = stężenie NO<sub>x</sub> zgodnie z pkt 1.7.7.

$c$  = stężenie NO zgodnie z pkt 1.7.4.

$d$  = stężenie NO zgodnie z pkt 1.7.5.

## 1.7.4. Dodawanie tlenu

Za pomocą trójnika do przepływu gazu w sposób ciągły dodaje się tlen lub powietrze obojętne do chwili, gdy wskazane stężenie osiągnie wartość o około 20 % mniejszą niż stężenie wskazywane podczas wzorcowania, określone w pkt 1.7.2 (analizator znajduje się w trybie NO).

Odnotowuje się wskazane stężenie  $cc$ . Podczas całego procesu ozonator pozostaje wyłączony.

## 1.7.5. Uruchamianie ozonatora

Następnie włącza się ozonator celem wytworzenia odpowiedniej ilości ozonu, by obniżyć stężenie NO do około 20 % (minimum 10 %) stężenia wzorcowego określonego w pkt 1.7.2. Odnotowuje się wskazane stężenie  $dd$  (Analizator znajduje się w trybie NO).

1.7.6. Tryb NO<sub>x</sub>

Następnie analizator NO przełącza się na tryb NO<sub>x</sub>, tak aby mieszanina gazu (składająca się z NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> i N<sub>2</sub>) przechodziła teraz przez konwertor. Należy odnotować wskazane stężenie  $aa$  (Analizator znajduje się w trybie NO<sub>x</sub>).

#### 1.7.7. Wyłączenie ozonatora

Następnie ozonator należy wyłączyć. Mieszanka gazów opisana w pkt 1.7.6 przechodzi przez konwertor do detektora. Należy odnotować wskazane stężenie  $bb$  (Analizator znajduje się w trybie  $NO_x$ .)

#### 1.7.8. Tryb NO

Przy przełączeniu na tryb NO z wyłączonym ozonatorem odcina się również przepływ tlenu lub powietrza syntetycznego. Odczyt  $NO_x$  z analizatora nie może różnić się od wartości zmierzonej zgodnie z pkt 1.7.2 o więcej niż  $\pm 5\%$ . (Analizator znajduje się w trybie NO).

#### 1.7.9. Przedział czasowy badania

Sprawność konwertora należy zbadać przed każdym kolejnym wzorcowaniem analizatora  $NO_x$ .

#### 1.7.10. Wymaganie dotyczące sprawności

Sprawność konwertora musi być nie mniejsza niż 90 %, zaleca się jednak zdecydowanie sprawność większą niż 95 %.

Uwaga: Jeżeli przy analizatorze ustawionym na najczęściej używany zakres ozonator nie jest w stanie zapewnić redukcji z 80 % do 20 % zgodnie z pkt 1.7.5, używa się najwyższego zakresu, który powoduje redukcję.

#### 1.8. Regulacja detektora płomieniowo-jonizacyjnego (FID)

##### 1.8.1. Optymalizacja odpowiedzi detektora

HFID reguluje się zgodnie z zaleceniami producenta przyrządu. Do optymalizacji odpowiedzi w najczęściej wykorzystywanym zakresie działania należy wykorzystać gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego będący mieszaniną powietrza i propanu.

Po ustawieniu natężenia przepływu paliwa i powietrza według zaleceń producenta do analizatora wprowadza się gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego o stężeniu  $350 \pm 75$  ppm C. Odpowiedź przy określonym przepływie paliwa określa się z różnicy pomiędzy odpowiedzią na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego a odpowiedzią na gaz zerowy. Przepływ paliwa reguluje się przyrostowo powyżej i poniżej specyfikacji producenta. Odnotowuje się odpowiedź na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego i na gaz zerowy przy tych wartościach przepływu paliwa. Różnicę pomiędzy odpowiedziami na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego i gaz zerowy przedstawia się na wykresie, a natężenie przepływu paliwa ustawia się w zakresie wyższych wartości krzywej.

##### 1.8.2. Współczynniki odpowiedzi dla węglowodorów

Analizator wzorcuje się przy użyciu propanu w powietrzu i oczyszczonego powietrza syntetycznego zgodnie z pkt 1.5.

Współczynniki odpowiedzi wyznacza się przy wprowadzeniu analizatora do pracy i po głównych okresach obsługowych. Współczynnik odpowiedzi ( $R_f$ ) na dany rodzaj węglowodorów jest stosunkiem odczytu FID C1 do stężenia gazu w butli wyrażonym w ppm C1.

Stężenie gazu wykorzystywanego podczas badania musi być na poziomie zapewniającym odpowiedź o wartości około 80 % pełnej skali. Stężenie musi być znane z dokładnością do  $\pm 2\%$  w odniesieniu do normy grawimetrycznej wyrażonej objętościowo. Ponadto butla z gazem musi być wstępnie kondycjonowana przez 24 godz. w temperaturze 298 K ( $25^\circ\text{C}$ )  $\pm 5$  K.

Gazy używane podczas badania oraz zalecane zakresy względnego współczynnika odpowiedzi są następujące:

Metan i oczyszczone powietrze syntetyczne:  $1,00 \leq R_f \leq 1,15$

Propylen i oczyszczone powietrze syntetyczne:  $0,90 \leq R_f \leq 1,1$

Toluen i oczyszczone powietrze syntetyczne:  $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

Wartości te odpowiadają współczynnikowi odpowiedzi ( $R_f$ ) 1,00 dla propanu i oczyszczonego powietrza syntetycznego.

##### 1.8.3. Sprawdzanie zakłócenia tlenowego

Sprawdzenie zakłócenia tlenowego wykonuje się przy wprowadzaniu analizatora do eksploatacji i po głównych okresach obsługowych.

Dobiera się zakres, w którym gazy do sprawdzania zakłócenia tlenowego mieszczą się w górnych 50 %. Badanie przeprowadza się z wymaganymi ustawieniami temperatury pieca.

## 1.8.3.1. Gazy do sprawdzania zakłócenia tlenowego

Gazy do sprawdzania zakłócenia tlenowego muszą zawierać propan przy stężeniu węglowodoru od 350 ppmC do 75 ppmC. Wartość stężenia wyznacza się według tolerancji gazu wzorcowego poprzez analizę chromatograficzną całkowitej zawartości węglowodorów oraz zanieczyszczeń lub przez mieszanie dynamiczne. Azot musi być dominującym rozcieńczalnikiem, a tlen dopełniaczem. Mieszanki wymagane do badania silników Diesla są następujące:

| Stężenie O <sub>2</sub> | Dopełnienie |
|-------------------------|-------------|
| 21 (20-22)              | Azot        |
| 10 (9-11)               | Azot        |
| 5 (4-6)                 | Azot        |

## 1.8.3.2. Procedura

- Analizator należy wyzerować.
- Należy ustawić zakres pomiarowy analizatora przy użyciu mieszaniny zawierającej 21 % tlenu.
- Ponownie sprawdza się wskazanie zera. Jeżeli wystąpiła zmiana o więcej niż 0,5 % pełnej skali, należy powtórzyć czynności a) i b).
- Wprowadza się gazy o stężeniu 5 % i 10 % do sprawdzania zakłócenia tlenowego.
- Ponownie sprawdza się wskazanie zera. Jeżeli wystąpiła zmiana o więcej niż ± 1 % pełnej skali, badanie należy powtórzyć.
- Zakłócenie tlenowe (%O<sub>2</sub>l) oblicza się dla każdej mieszaniny wymienionej w lit. d) w następujący sposób:

$$\%O_2 I = \frac{(B - C)}{B} \cdot 100$$

A = stężenie węglowodorów (ppmC) w gazie wzorcowym do ustawiania zakresu pomiarowego użytym w lit. b)

B = stężenie węglowodorów (ppmC) w gazach do sprawdzania zakłócenia tlenowego użytych w lit. d)

C = odpowiedź analizatora

$$(\text{ppmC}) = \frac{A}{D}$$

D = procent odpowiedzi równej pełnej skali analizatora wywołanej przez A.

- Przed badaniem procent zakłócenia tlenowego (%O<sub>2</sub>l) musi wynosić mniej niż ± 3,0 % dla wszystkich wymaganych gazów do sprawdzania zakłócenia tlenowego.
- Jeżeli zakłócenie tlenowe wynosi więcej niż ± 3,0 %, wartości przepływu powietrza powyżej i poniżej specyfikacji producenta należy wyregulować przyrostowo, powtarzając czynności z pkt 1.8.1 dla każdego przepływu.
- Jeżeli zakłócenie tlenowe wynosi więcej niż ± 3,0 % po wyregulowaniu przepływu powietrza, należy zmienić wielkość przepływu paliwa, a następnie przepływ próbki, powtarzając czynności z pkt 1.8.1 dla każdego nowego ustawienia.
- Jeżeli zakłócenie tlenowe jest nadal większe niż ± 3,0 %, wtedy należy naprawić lub wymienić analizator, paliwo do FID lub powietrze palnikowe przed wykonaniem badania. Po dokonaniu naprawy lub wymiany osprzętu lub gazów należy powtórzyć czynności z niniejszego punktu.

## 1.9. Skutki zakłócenia w analizatorach NDIR i CLD

Gazy obecne w spalinach, inne niż gazy analizowane, mogą zakłócać odczyt na kilka sposobów. Zakłócenie dodatnie w przyrządach NDIR występuje wtedy, kiedy gaz zakłócający wywołuje ten sam skutek co gaz mierzony, ale w mniejszym stopniu. Zakłócenie ujemne w przyrządach NDIR występuje wtedy, kiedy gaz zakłócający poszerza pasmo pochłaniania gazu zmierzonego, a w przyrządach CLD wtedy, kiedy gaz zakłócający tłumy promieniowanie. Przed pierwszym użyciem analizatora i po głównych okresach obsługowych przeprowadza się sprawdzenie zakłóceń zgodnie z pkt 1.9.1 i 1.9.2.

## 1.9.1. Sprawdzenie zakłóceń w analizatorze CO

Woda i CO<sub>2</sub> mogą zakłócać pracę analizatora CO. Dlatego przez kąpiel wodną o temperaturze otoczenia należy przepuścić gaz wzorcowy CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego o stężeniu równym 80–100 % pełnej skali maksymalnego zakresu roboczego używanego podczas badania i odnotować odpowiedź analizatora. Odpowiedź analizatora nie może być większa niż 1 % pełnej skali dla zakresów równych lub większych od 300 ppm lub większa niż 3 ppm dla zakresów poniżej 300 ppm.

1.9.2. Sprawdzenie tłumienia analizatora NO<sub>x</sub>

Dwa gazy istotne dla analizatorów CLD (i HCLD) to CO<sub>2</sub> i para wodna. Odpowiedzi tłumienia dla tych gazów są proporcjonalne do ich stężeń i w związku z tym wymagają zastosowania technik badań umożliwiających wyznaczenie poziomu tłumienia przy najwyższych oczekiwanych stężeniach obserwowanych podczas badań.

1.9.2.1. Sprawdzenie tłumienia przez CO<sub>2</sub>

Gaz wzorcowy CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego, o stężeniu równym 80–100 % pełnej skali maksymalnego zakresu roboczego, przepuszcza się przez analizator NDIR, a wartość CO<sub>2</sub> odnotowuje się jako A. Następnie rozcieńcza się go o około 50 % przy użyciu gazu wzorcowego NO do ustawiania zakresu pomiarowego i przepuszcza przez analizator NDIR i (H)CLD, a wartości CO<sub>2</sub> i NO odnotowuje, odpowiednio, jako B i C. Następnie odcina się dopływ CO<sub>2</sub> i przepuszcza przez analizator (H)CLD wyłącznie gaz wzorcowy NO do ustawiania zakresu pomiarowego, a wartość NO odnotowuje jako D.

Tłumienie oblicza się następująco:

$$\%CO_2 \text{ Quench} = \left[ 1 - \left( \frac{C \cdot A}{(D \cdot A) - (D \cdot B)} \right) \right] \cdot 100$$

i nie może ono przekraczać 3 % pełnej skali.

gdzie:

A = stężenie nierozcieńczonego CO<sub>2</sub> zmierzone analizatorem NDIR, w %

B = stężenie rozcieńczonego CO<sub>2</sub> zmierzone analizatorem NDIR, w %

C = stężenie rozcieńczonego NO zmierzone analizatorem CLD, w ppm

D = stężenie nierozcieńczonego NO zmierzone analizatorem CLD, w ppm

## 1.9.2.2. Sprawdzanie tłumienia przez wodę

Kontrola ta dotyczy wyłącznie pomiarów stężenia gazu w stanie mokrym. W obliczeniu tłumienia przez wodę uwzględnia się rozcieńczenie parą wodną gazu wzorcowego NO do ustawiania zakresu pomiarowego oraz doprowadzenie stężenia pary wodnej w mieszaninie do wartości oczekiwanej podczas badań. Gaz wzorcowy NO do ustawiania zakresu pomiarowego, o stężeniu równym 80 %–100 % pełnej skali normalnego zakresu roboczego, przepuszcza się przez (H)CLD i wartość NO zapisuje się jako D. Następnie gaz NO przepuszcza się przez kąpiel wodną o temperaturze otoczenia i przepuszcza się przez (H)CLD, a wartość NO zapisuje się jako C. Wyznacza się temperaturę wody i zapisuje jako F. Wyznacza się ciśnienie nasycenia mieszaniny parą odpowiadające temperaturze kąpeli wodnej (F) i zapisuje jako G. Oblicza się stężenie pary wodnej (w %) mieszaniny, jak następuje:

$$H = 100 \cdot \left( \frac{G}{P_B} \right)$$

i odnotowuje jako H. Oczekiwaną wartość stężenia rozcieńczonego gazu wzorcowego NO do ustawiania zakresu pomiarowego (w parze wodnej) oblicza się następująco:

$$De = D \cdot \left( 1 - \frac{H}{100} \right)$$

i odnotowuje jako De. W przypadku spalin z silników Diesla maksymalne stężenie pary wodnej w spalinach (w %), spodziewane podczas badania należy oszacować – zakładając, że stosunek liczb atomowych H/C w paliwie wynosi 1,8:1,0 – z maksymalnego stężenia CO<sub>2</sub> w spalinach lub ze stężenia nierozcieńczonego gazu wzorcowego CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego (A, zmierzonego jak w pkt 1.9.2.1) w następujący sposób:

$$Hm = (0,9 \cdot A)$$

i zapisać jako Hm.

Tłumienie przez wodę oblicza się następująco:

$$\%H_2O \text{ Quench} = 100 \cdot \left( \frac{De - C}{De} \right) \cdot \left( \frac{Hm}{H} \right)$$

i nie może ono przekraczać 3 % pełnej skali.

$De$  = oczekiwane stężenie rozcieńczonego NO (ppm)

$C$  = stężenie rozcieńczonego NO (ppm)

$Hm$  = maksymalne stężenie pary wodnej (%)

$H$  = rzeczywiste stężenie pary wodnej (%)

*Uwaga:* dla tej procedury kontroli ważne jest, aby gaz wzorcowy NO do ustawiania zakresu pomiarowego zawierał jak najmniejsze stężenie NO<sub>2</sub>, ponieważ absorpcja NO<sub>2</sub> w wodzie nie została uwzględniona w obliczeniach tłumienia.

#### 1.10. Okres między wzorcowaniami

Analizatory należy wzorcować zgodnie z pkt 1.5 przynajmniej raz na trzy miesiące lub za każdym razem, gdy przeprowadza się naprawę lub wprowadza zmiany do układu, które mogą wpłynąć na wzorcowanie.

#### 1.11. Dodatkowe wymagania w zakresie wzorcowania dla pomiarów spalin nierozcieńczonych w badaniu NRTC

##### 1.11.1. Sprawdzenie czasu odpowiedzi układu analitycznego

Ustawienia układu dla analizy czasu odpowiedzi (tj. ciśnienie, natężenia przepływu, ustawienia filtra na analizatorach oraz inne elementy wpływające na czas odpowiedzi) muszą być dokładnie takie same jak podczas pomiarów w czasie badania. Oznaczanie czasu odpowiedzi przeprowadza się z przełączaniem gazu bezpośrednio na wlocie do sondy do pobierania próbek. Przełączanie gazu wykonuje się w czasie krótszym niż 0,1 s. Gazy wykorzystywane podczas badań muszą wywoływać zmianę stężenia o przynajmniej 60 % pełnej skali.

Należy zarejestrować ślad stężenia każdego pojedynczego składnika gazowego. Czas odpowiedzi definiuje się jako różnicę w czasie między przełączeniem gazu i odpowiednią zmianą zarejestrowanego stężenia. Czas odpowiedzi układu ( $t_{90}$ ) obejmuje opóźnienie detektora pomiarowego oraz czas narastania detektora. Opóźnienie definiuje się jako czas od zmiany ( $t_0$ ) do momentu, kiedy odpowiedź wynosi 10 % odczytu końcowego ( $t_{10}$ ). Czas narastania definiuje się jako czas upływający między odpowiedzią równą 10 % a 90 % odczytu końcowego ( $t_{90} - t_{10}$ ).

Na potrzeby zestrojenia czasowego analizatora i sygnałów przepływu spalin w przypadku pomiaru spalin nierozcieńczonych czas przekształcenia określa się jako czas od zmiany ( $t_0$ ) do momentu, kiedy odpowiedź wynosi 50 % odczytu końcowego ( $t_{50}$ ).

Czas odpowiedzi układu musi wynosić  $\leq 10$  s przy czasie narastania  $\leq 2,5$  s dla wszystkich składników objętych limitami (CO, NO<sub>x</sub>, HC) oraz dla wszystkich stosowanych zakresów.

##### 1.11.2. Wzorcowanie analizatora gazu znakującego do pomiaru przepływu spalin

Analizator do pomiaru stężenia gazu znakującego, jeżeli jest używany, należy wzorcować przy użyciu gazu normalnego.

Krzywą wzorcowania wyznacza się w oparciu o co najmniej 10 punktów wzorcowania (z wyłączeniem zera) rozłożonych w taki sposób, że połowa punktów wzorcowania znajduje się w granicach pomiędzy 4 % a 20 % pełnej skali analizatora, a reszta mieści się pomiędzy 20 % a 100 % pełnej skali. Krzywą wzorcowania oblicza się metodą najmniejszych kwadratów.

Krzywa wzorcowania nie może odbiegać o więcej niż  $\pm 1$  % pełnej skali od wartości nominalnej każdego punktu wzorcowania, w zakresie od 20 % do 100 % pełnej skali. Nie może również odbiegać więcej niż  $\pm 2$  % od nominalnej wartości w zakresie od 4 % do 20 % pełnej skali.

Przed przebiegiem próbnym analizator należy wyzerować i ustawić jego zakres przy użyciu gazu zerowego i gazu wzorcowego do ustawiania zakresu pomiarowego, których wartości nominalne wynoszą ponad 80 % pełnej skali analizatora.

## 2. WZORCOWANIE UKŁADU POMIARU CZĄSTEK STAŁYCH

### 2.1. Wprowadzenie

Każdą część wzorcuje się tak często, jak jest to konieczne, by spełnić wymagania dotyczące dokładności określone w niniejszym regulaminie. W niniejszym punkcie opisano metodę wzorcowania, którą należy stosować w odniesieniu do części określonych w pkt 1.5 dodatku 1 oraz w dodatku 4 do załącznika 4A.

Na wniosek producenta i za zgodą organu udzielającego homologacji metody opisane w pkt 8.1 i 8.2 załącznika 4B mogą być zastosowane alternatywnie wobec opisanych w pkt 2 niniejszego dodatku.



## 2.2. Pomiar przepływu

Wzorcowanie gazomierzy lub przyrządów do pomiaru przepływu musi odnosić się do norm krajowych lub międzynarodowych.

Maksymalny dopuszczalny błąd zmierzonej wartości mieści się w zakresie  $\pm 2\%$  odczytu.

Dla układów rozcieńczania przepływu częściowego dokładność pomiaru przepływu próbki  $G_{SE}$  ma szczególne znaczenie, jeżeli przepływ nie jest mierzony bezpośrednio, ale oznaczany poprzez pomiar różnicy przepływu:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

W tym przypadku dokładność  $\pm 2\%$  dla  $G_{TOTW}$  i  $G_{DILW}$  nie wystarcza do zagwarantowania dopuszczalnej dokładności  $G_{SE}$ . Jeżeli przepływ gazu oznaczany jest przy pomocy pomiaru różnicy przepływu, maksymalny błąd różnicy musi być taki, aby dokładność  $G_{SE}$  mieściła się w zakresie  $\pm 5\%$ , jeżeli stosunek rozcieńczenia jest mniejszy niż 15. Błąd ten można obliczyć, wyciągając średnią kwadratową błędów na każdym przyrządzie.

## 2.3. Sprawdzanie stosunku rozcieńczenia

Jeżeli stosowane są układy próbkowania cząstek stałych bez EGA (pkt 1.2.1.1 dodatku 4 do załącznika 4A), to stosunek rozcieńczenia należy sprawdzić dla każdej nowej instalacji silnika przy pracującym silniku i przy użyciu pomiarów stężenia  $CO_2$  lub  $NO_x$  w spalinach nierozcieńczonych i rozcieńczonych.

Zmierzony stosunek rozcieńczenia nie może się różnić od stosunku rozcieńczenia obliczonego w oparciu o pomiary stężeń  $CO_2$  lub  $NO_x$  o więcej niż  $\pm 10\%$ .

## 2.4. Sprawdzanie warunków przepływu częściowego

W stosownych przypadkach zakres prędkości przepływu spalin i wartości ciśnienia sprawdza się i reguluje zgodnie z wymaganiami podanymi w pkt 1.2.1.1 dodatku 4 do załącznika 4A, EP.

## 2.5. Okres między wzorcowaniami

Przyrządy do pomiaru przepływu należy wzorcować przynajmniej raz na trzy miesiące lub za każdym razem, gdy wprowadza się zmianę układu, która mogłaby wpłynąć na wzorcowanie.

## 2.6. Dodatkowe wymagania w zakresie wzorcowania dotyczące układów rozcieńczania przepływu częściowego

### 2.6.1. Wzorcowanie okresowe

Jeżeli natężenie przepływu próbek gazu jest oznaczane przy pomocy pomiaru różnicowego przepływu, przepływomierz lub przyrządy do pomiaru przepływu muszą być wzorcowane z wykorzystaniem jednej z poniższych procedur, tak aby przepływ przez sondę  $G_{SE}$  do tunelu spełniał wymagania dotyczące dokładności określone w pkt 2.4 dodatku 1 do załącznika 4A:

Przepływomierz mierzący  $G_{DILW}$  podłącza się szeregowo do przepływomierza mierzącego  $G_{TOTW}$ ; różnicę pomiaru między dwoma przepływomierzami wzorcuje się dla co najmniej pięciu punktów kontrolnych z wartościami przepływu rozłożonymi równomiernie między najniższą wartością  $G_{DILW}$  używaną podczas badania oraz wartością  $G_{TOTW}$  używaną podczas badania. Tunel rozcieńczający może zostać ominięty.

Wywzorcowane urządzenie do pomiaru przepływu masowego należy podłączyć szeregowo do przepływomierza mierzącego  $G_{TOTW}$ , a dokładność sprawdzić dla wartości użytej w badaniu. Następnie wywzorcowane urządzenie do pomiaru przepływu masowego należy podłączyć szeregowo do przepływomierza mierzącego  $G_{DILW}$ , a dokładność sprawdzić dla przynajmniej pięciu ustawień odpowiadających stosunkowi rozcieńczenia z zakresu 3–50, względem wartości  $G_{TOTW}$  wykorzystanej podczas badania.

Przewód przesyłowy TT należy odłączyć od układu wydechowego i podłączyć do wywzorcowanego urządzenia do pomiaru przepływu o zakresie wystarczającym do pomiaru  $G_{SE}$ . Następnie  $G_{TOTW}$  należy ustawić na wartość wykorzystywaną podczas badania, a  $G_{DILW}$  ustawić sekwencyjnie na przynajmniej pięć wartości odpowiadających stosunkowi rozcieńczenia  $q$  między 3 a 50. Alternatywnie można zapewnić specjalną ścieżkę wzorcowania, w której tunel jest pominięty, ale przepływ całkowity oraz przepływ powietrza rozcieńczającego przez odpowiednie mierniki są takie jak w prawdziwym badaniu.

Do przewodu przesyłowego TT wprowadza się gaz znakujący. Taki gaz znakujący może być składnikiem gazów spalinowych, jak  $CO_2$  lub  $NO_x$ . Po rozcieńczeniu w tunelu wykonuje się pomiar składnika gazu znakującego. Pomiar ten przeprowadza się dla pięciu stosunków rozcieńczenia z zakresu od 3 do 50. Dokładność przepływu próbki ustala się na podstawie stosunku rozcieńczenia  $q$ :

$$G_{SE} = G_{TOTW}/q$$

Aby zapewnić dokładność  $G_{SE}$ , uwzględnia się dokładność analizatorów gazu.

### 2.6.2. Sprawdzenie przepływu węgla

Zdecydowanie zaleca się sprawdzenie przepływu węgla z wykorzystaniem rzeczywistych spalin w celu wykrycia problemów z pomiarami i sterowaniem oraz sprawdzenia poprawności funkcjonowania układu rozcieńczania przepływu częściowego. Sprawdzenie przepływu węgla należy wykonywać co najmniej po każdej instalacji nowego silnika lub po wprowadzeniu istotnych zmian w konfiguracji hamowni.

Przy sprawdzaniu silnik musi pracować przy szczytowych wartościach momentu obrotowego i prędkości obrotowej lub w innym trybie stacjonarnym, podczas którego wytwarzane jest co najmniej 5 % CO<sub>2</sub>. Układ pobierania próbek przepływu częściowego pracuje przy współczynniku rozcieńczania wynoszącym ok. 15 do 1.

### 2.6.3. Kontrola przed badaniem

Kontrolę przed badaniem przeprowadza się w ciągu dwóch godzin przed badaniem w następujący sposób:

Dokładność przepływomierzy należy skontrolować przy pomocy takiej samej metody jak w przypadku wzorcowania, dla przynajmniej dwóch punktów, łącznie z wartościami przepływu  $G_{DILW}$  odpowiadającymi stosunkowi rozcieńczenia z zakresu od pięciu do 15 dla wartości  $G_{TOTW}$  wykorzystanej podczas badania.

Jeżeli można wykazać na podstawie rejestrów z procedury wzorcowania opisanej powyżej, że wzorcowanie przepływomierza jest stabilne przez dłuższy okres czasu, kontrolę przed badaniem można pominąć.

### 2.6.4. Określenie czasu przekształcenia

Ustawienia układu przy ocenie czasu przekształcenia muszą być dokładnie takie same jak podczas pomiarów w czasie badania. Czas przekształcenia określa się przy pomocy poniższej metody:

Niezależny przepływomierz odniesienia o zakresie pomiarowym właściwym dla przepływu przez sondę ustawia się szeregowo z sondą i ściśle z nią łączy. Przepływomierz ten musi mieć czas przekształcenia krótszy niż 100 ms dla wielkości przepływu, zmiennych w sposób skokowy, stosowanych przy pomiarze czasu odpowiedzi, przy czym opory przepływu muszą być dostatecznie małe, by nie wpływać na parametry dynamiczne układu rozcieńczenia przepływu częściowego, i muszą zostać dobrane zgodnie z właściwą oceną techniczną.

Wprowadza się zmianę skokową przepływu spalin (lub przepływu powietrza, jeżeli obliczany jest przepływ spalin) układu rozcieńczania przepływu częściowego, od niskiej wartości przepływu do co najmniej 90 % pełnej skali. Należy stosować to samo urządzenie wyzwalające zmianę skokową, które jest stosowane przy sterowaniu antycypacyjnym w badaniu rzeczywistym. Impuls skokowej zmiany przepływu spalin i odpowiedź przepływomierza rejestruje się z częstością próbkowania co najmniej 10 Hz.

Na podstawie tych danych określa się czas przekształcenia dla układu rozcieńczania przepływu częściowego, czyli czas mierzony od początku impulsu zmiany skokowej do osiągnięcia 50 % wartości odpowiedzi przepływomierza. W podobny sposób wyznacza się czasy przekształcenia dla sygnału  $G_{SE}$  w układzie rozcieńczania przepływu częściowego oraz sygnału  $G_{EXHW}$  przepływomierza spalin. Sygnały te wykorzystuje się przy sprawdzaniach metodą regresji przeprowadzanych po każdym badaniu (pkt 2.4 dodatku 1 do załącznika 4A).

Obliczenia powtarza się dla co najmniej pięciu impulsów wzrostu i spadku, a wyniki uśrednia. Od tak uzyskanej wartości odejmuje się wewnętrzny czas przekształcenia (< 100 ms) przepływomierza referencyjnego. W ten sposób określa się wartość „antycypowaną” dla układu rozcieńczania przepływu częściowego, którą stosuje się zgodnie z pkt 2 dodatku 1 do załącznika 4A.4.

## 3. WZORCOWANIE UKŁADU CVS

### 3.1. Przepisy ogólne

Układ CVS wzorcuje się za pomocą dokładnego przepływomierza oraz środków umożliwiających zmianę warunków roboczych.

Przepływ przez układ mierzy się przy różnych ustawieniach roboczych przepływu, ponadto mierzy się również parametry kontrolne układu i odnosi je do przepływu.

Można stosować przepływomierze różnego typu, np. wzorcowaną zwężkę Venturiego, wzorcowany przepływomierz laminarny, wzorcowany przepływomierz turbinowy.

Na wniosek producenta i za zgodą organu udzielającego homologacji metody opisane w pkt 8.1 i 8.2 załącznika 4B mogą być zastosowane alternatywnie wobec opisanych w pkt 3 niniejszego dodatku.

### 3.2. Wzorcowanie pompy wyporowej (PDP)

Wszystkie parametry odnoszące się do pompy są mierzone równocześnie z parametrami odnoszącymi się do wzorcującej zwężki Venturiego, która jest połączona szeregowo z pompą. Obliczone natężenie przepływu (w  $\text{m}^3/\text{s}$  na wlocie pompy, przy ciśnieniu bezwzględnym i temperaturze bezwzględnej) wykreśla się w zależności od funkcji korelacji stanowiącej wartość danego połączenia parametrów pompy. Następnie wyznacza się równanie liniowe wiążące przepływ pompy i funkcję korelacji. Jeżeli układ CVS wyposażono w napęd o zróżnicowanej prędkości, wzorcowanie przeprowadza się oddzielnie dla każdego wykorzystywanego zakresu.

Należy zachować stabilność temperatury podczas wzorcowania.

Nieszczelności wszystkich połączeń i przewodów między wzorcującą zwężką Venturiego a pompą układu CVS należy utrzymywać na poziomie mniejszym niż 0,3 % punktu odpowiadającego najmniejszemu przepływowi (jest to punkt o największych oporach i najmniejszej prędkości obrotowej PDP).

#### 3.2.1. Analiza danych

Natężenie przepływu powietrza ( $Q_s$ ) dla każdego ustawionego dławienia (minimum 6 ustawień) oblicza się w normalnych  $\text{m}^3/\text{min}$  na podstawie danych z przepływomierza przy pomocy metody zalecanej przez producenta. Natężenie przepływu powietrza przelicza się następnie na przepływ pompy ( $V_0$ ) w  $\text{m}^3/\text{obr.}$  przy następujących bezwzględnych wartościach temperatury i ciśnienia na wlocie pompy:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \cdot \frac{T}{273} \cdot \frac{101,3}{P_A}$$

gdzie:

$Q_s$  = natężenie przepływu powietrza w warunkach normalnych (101,3 kPa, 273 K) ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$T$  = temperatura na wlocie pompy (K)

$P_A$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie pompy ( $p_B - p_1$ ) (kPa)

$n$  = prędkość obrotowa pompy (obr./s)

Aby uwzględnić powiązania między wahaniami ciśnienia na pompie oraz współczynnikiem poślizgu pompy, oblicza się funkcję korelacji ( $X_0$ ) między prędkością pompy, różnicą ciśnień między wlotem i wylotem pompy oraz ciśnieniem bezwzględnym na wylocie pompy w następujący sposób:

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{P_A}}$$

gdzie:

$\Delta p_p$  = różnica ciśnień między wlotem i wylotem pompy (kPa)

$P_A$  = bezwzględne ciśnienie wylotowe na wylocie pompy (kPa)

Aby wyznaczyć równanie wzorcowania, stosuje się równanie liniowe wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów:

$$V_0 = D_0 - m \cdot (X_0)$$

$D_0$  i  $m$  oznaczają, odpowiednio, rzędną punktu przecięcia i współczynnik nachylenia, opisujące linie regresji.

W przypadku układu CVS o zróżnicowanej prędkości krzywe wzorcowania wyznaczone dla różnych zakresów wydatku pompy są w przybliżeniu równoległe, a wartości punktu przecięcia ( $D_0$ ) wzrastają proporcjonalnie do spadku wydatku pompy.

Wartości wyliczone z równania nie mogą się różnić od zmierzonej wartości  $V_0$  o więcej niż  $\pm 0,5\%$ . Wartości  $m$  będą się różnić w zależności od pompy. Dopływ cząstek stałych z czasem spowoduje zwiększenie poślizgu pompy, co będzie odzwierciedlone mniejszymi wartościami  $m$ . Dlatego wzorcowanie przeprowadza się podczas uruchamiania pompy, po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych oraz jeżeli ogólne sprawdzenie pompy (pkt 3.5) wykazuje zmianę współczynnika poślizgu.

### 3.3. Wzorcowanie zwężki Venturiego o przepływie krytycznym (CFV)

Wzorcowanie CFV opiera się na równaniu przepływu dla zwężki Venturiego o przepływie krytycznym. Jak przedstawiono poniżej, przepływ gazu jest funkcją ciśnienia wlotowego i temperatury:

$$Q_s = \frac{K_v \cdot p_A}{\sqrt{T}}$$

gdzie:

$K_v$  = współczynnik wzorcowania

$p_A$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego (kPa)

$T$  = temperatura na wlocie zwężki Venturiego (K)

### 3.3.1. Analiza danych

Natężenie przepływu powietrza ( $Q_s$ ) dla każdego ustawionego dławienia (minimum 8 ustawień) oblicza się w normalnych  $m^3/min$  na podstawie danych z przepływomierza przy pomocy metody zalecanej przez producenta. Współczynnik wzorcowania oblicza się w oparciu o dane wzorcowania dla każdego ustawienia w następujący sposób:

$$K_v = \frac{Q_s \cdot \sqrt{T}}{p_A}$$

gdzie:

$Q_s$  = natężenie przepływu powietrza w warunkach normalnych (101,3 kPa, 273 K) ( $m^3/s$ )

$T$  = temperatura na wlocie zwężki Venturiego (K)

$p_A$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego (kPa)

Aby ustalić zakres występowania przepływu krytycznego,  $K_v$  wykreśla się jako funkcję ciśnienia na wlocie zwężki Venturiego. Dla przepływu krytycznego (zdławionego)  $K_v$  będzie mieć względnie stałą wartość. W miarę spadku ciśnienia (wzrostu podciśnienia) przepływ w zwężce Venturiego staje się mniej dławiony i spada wartość  $K_v$ , co oznacza, że układ CFV pracuje poza dopuszczalnym zakresem.

Dla co najmniej ośmiu punktów w obszarze przepływu krytycznego oblicza się średnią wartość  $K_v$  i odchylenie standardowe. Odchylenie standardowe nie może przekraczać  $\pm 0,3\%$  średniej wartości  $K_v$ .

### 3.4. Wzorcowanie zwężki Venturiego o przepływie poddźwiękowym (SSV)

Wzorcowanie zwężki SSV opiera się na równaniu przepływu dla zwężki Venturiego o przepływie poddźwiękowym. Przepływ gazu jest funkcją ciśnienia wlotowego, temperatury i spadku ciśnienia między wlotem SSV a gardzielią, jak pokazano poniżej:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[ \frac{1}{T} (r^{1,4286} - r^{1,7143}) \left( \frac{1}{1 - \beta^4 r^{1,4286}} \right) \right]}$$

gdzie:

$A_0$  = zbiór stałych i konwersji jednostek =  
0,006111 w jednostkach SI  $\left( \frac{m^3}{min} \right) \left( \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \right) \left( \frac{1}{mm^2} \right)$

$d$  = średnica gardzieli SSV (m)

$C_d$  = współczynnik wypływu SSV

$p_A$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego (kPa)

$T$  = temperatura na wlocie zwężki Venturiego (K)

$r$  = stosunek statycznego ciśnienia bezwzględnego w gardzieli SSV do podobnego ciśnienia na wlocie =  $1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

$\beta$  = stosunek średnicy gardzieli SSV,  $d$ , do wewnętrznej średnicy rury wlotowej =  $\frac{d}{D}$

#### 3.4.1. Analiza danych

Natężenie przepływu powietrza ( $Q_{SSV}$ ) dla każdego ustawienia przepływu (minimum 16 ustawień) oblicza się w normalnych  $m^3/min$  na podstawie danych z przepływomierza przy pomocy metody zalecanej przez producenta. Współczynnik wypływu oblicza się z danych wzorcowania dla każdego ustawienia w następujący sposób:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{A_0 d^2 P_A \sqrt{\left[ \frac{1}{T} (r^{1,4286} - r^{1,7143}) \left( \frac{1}{1 - \beta^4 r^{1,4286}} \right) \right]}}$$

gdzie:

$Q_{SSV}$  = natężenie przepływu powietrza w warunkach normalnych (101,3 kPa, 273 K) ( $m^3/s$ )

$T$  = temperatura na wlocie zwężki Venturiego (K)

$d$  = średnica gardzieli SSV (m)

$r$  = stosunek statycznego ciśnienia bezwzględego w gardzieli SSV do

podobnego ciśnienia na wlocie  $= 1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

$\beta$  = stosunek średnicy gardzieli SSV,  $d$ , do wewnętrznej średnicy rury wlotowej  $= \frac{d}{D}$

Do oznaczenia zakresu przepływu poddźwiękowego należy sporządzić wykres  $C_d$  jako funkcję liczby Reynoldsa dla gardzieli SSV.  $Re$  dla gardzieli SSV oblicza się przy pomocy następującego wzoru:

$$Re = A_1 \frac{Q_{SSV}}{d\mu}$$

gdzie:

$A_1$  = zbiór stałych i konwersji jednostek  $25,55152 \left(\frac{1}{m^3}\right) \left(\frac{min}{s}\right) \left(\frac{mm}{m}\right)$

$Q_{SSV}$  = natężenie przepływu powietrza w warunkach normalnych (101,3 kPa, 273 K) ( $m^3/s$ )

$d$  = średnica gardzieli SSV (m)

$\mu$  = bezwzględna lub dynamiczna lepkość gazu, wyliczona przy pomocy poniższego wzoru:

$$\mu = \frac{bT^{3/2}}{S+T} = \frac{bT^{1/2}}{1+\frac{T}{S}} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

gdzie:

$b$  = stała empiryczna  $= 1,458 \cdot 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{msK}^{3/2}}$

$S$  = stała empiryczna  $= 104,4 \text{ K}$

Jako że  $Q_{SSV}$  stanowi daną wejściową do wzoru  $Re$ , obliczenia należy rozpocząć od wstępnego założenia wartości  $Q_{SSV}$  lub  $C_d$  wzorującej zwężki Venturiego i powtarzać do momentu uzyskania zbieżności  $Q_{SSV}$ . Metoda osiągnięcia zbieżności musi cechować się dokładnością do 0,1 % lub większą.

Dla minimum szesnastu punktów w obszarze przepływu poddźwiękowego wyliczone wartości  $C_d$  z wynikowego równania dopasowania krzywej wzorcowania muszą mieścić się w przedziale  $\pm 0,5 \%$  zmierzonej wartości  $C_d$  dla każdego punktu wzorcowania.

### 3.5. Weryfikacja całego układu

Ogólną dokładność układu pobierania próbek CVS i układu analitycznego ustala się, wprowadzając znaną masę gazu zanieczyszczającego do układu pracującego w normalnym trybie. Analizuje się substancję zanieczyszczającą i oblicza masę zgodnie z pkt 2.4.1 dodatku 3 do załącznika 4A, z wyjątkiem propanu, dla którego stosuje się współczynnik 0,000472 zamiast 0,000479 dla HC. Wykorzystuje się jedną z następujących dwóch technik.

#### 3.5.1. Pomiar za pomocą kryzy przepływu krytycznego

Do układu CVS wprowadza się znaną ilość czystego gazu (propanu) przez wywzorcowaną kryzę przepływu krytycznego. Jeżeli ciśnienie wlotowe jest wystarczająco wysokie, natężenie przepływu, które reguluje się za pomocą kryzy przepływu krytycznego, jest niezależne od ciśnienia wylotowego kryzy (przepływu krytycznego). Układ CVS uruchamia się tak jak w przypadku badania normalnego poziomu emisji spalin na około pięć do 10 minut. Próbkę gazu analizuje się za pomocą standardowych urządzeń (worek do próbkowania lub metoda całkowania) i oblicza masę gazu. Masa obliczona w ten sposób nie może się różnić od znanej masy wprowadzonego gazu o więcej niż  $\pm 3 \%$ .

#### 3.5.2. Pomiar za pomocą techniki grawimetrycznej

Wagę małej butli wypełnionej propanem wyznacza się z dokładnością do  $\pm 0,01 \text{ g}$ . Układ CVS uruchamia się na około pięć do 10 minut tak jak podczas badania normalnej emisji spalin, jednocześnie wpuszczając do układu tlenek węgla lub propan. Ilość uwolnionego czystego gazu wyznacza się w oparciu o ważenie różnicowe. Próbkę gazu analizuje się za pomocą standardowych urządzeń (worek do próbkowania lub metoda całkowania) i oblicza masę gazu. Masa obliczona w ten sposób nie może się różnić od znanej masy wprowadzonego gazu o więcej niż  $\pm 3 \%$ .

## Dodatek 3

**Ocena danych i obliczenia**

## 1. OCENA DANYCH I OBLICZENIA – BADANIE NRSC

## 1.1. Ocena danych dotyczących emisji gazowych

Na potrzeby oceny emisji zanieczyszczeń gazowych należy uśrednić odczyty wykresów z ostatnich 60 s każdej z faz cyklu, a średnie stężenia (*conc*) węglowodorów (HC), CO, NO<sub>x</sub> i CO<sub>2</sub>, jeżeli stosowana jest metoda bilansu węgla, dla każdej fazy wyznacza się na podstawie średnich odczytów z wykresu i odpowiadających im danych wzorcowania. Można użyć innego typu rejestracji danych, jeżeli zapewnia ona uzyskiwanie równoważnych danych.

Średnie stężenia tła (*conc<sub>d</sub>*) mogą być wyznaczone z odczytów workowych powietrza rozcieńczającego, lub z ciągłych (nieworkowych) odczytów tła oraz z odpowiednich danych wzorcowania.

Jeżeli stosowane są cykle ze zmianami jednostajnymi między fazami, opisane, odpowiednio, w pkt 1.2 lit. a) lub b) załącznika 5, to stosuje się procedury oceny danych i obliczeń opisane w pkt 7.8.2.2 załącznika 4B oraz odpowiednie sekcje pkt A.8.2, A.8.3 i A.8.4. Końcowe wyniki badań oblicza się, odpowiednio, z równań A.8-60 i A.8-61 lub A.7-49 i A.7-50.

## 1.2. Emisje cząstek stałych

W celu wyznaczenia emisji cząstek stałych należy w każdej fazie cyklu rejestrować całkowite masy próbek (*M<sub>SAM,i</sub>*) przepływających przez filtry. Filtry należy przenieść ponownie do komory wagowej i kondycjonować co najmniej przez jedną godzinę, lecz nie dłużej niż przez 80 godzin, a następnie zważyć. Należy zapisać masę brutto filtrów i odjąć tarę (zob. pkt 3.1 załącznika 4A). Masa cząstek stałych (*M<sub>f</sub>* dla metody jednofiltrowej; *M<sub>fi</sub>* dla metody wielofiltrowej) to suma mas cząstek stałych zebranych na filtrach pierwotnym i wtórnym. Jeżeli stosuje się korekcję ze względu na tło, należy zanotować masę powietrza rozcieńczającego (*M<sub>DIL</sub>*) przepuszczonego przez filtry oraz masę cząstek stałych (*M<sub>d</sub>*). Jeżeli wykonano więcej niż jeden pomiar, należy obliczyć współczynnik *M<sub>d</sub>/M<sub>DIL</sub>* dla każdego pomiaru i uśrednić wartości.

Jeżeli stosowane są cykle ze zmianami jednostajnymi między fazami, opisane, odpowiednio, w pkt 1.2 lit. a) lub b) załącznika 5, to stosuje się procedury oceny danych i obliczeń opisane w pkt 7.8.2.2 załącznika 4B oraz odpowiednie sekcje pkt A.8.2, A.8.3 i A.8.4. Końcowe wyniki badań oblicza się, odpowiednio, z równań A.8-64 lub A.7-53.

## 1.3. Obliczanie wielkości emisji gazowych

Końcowe wyniki badań umieszczane w sprawozdaniu otrzymuje się w następujących etapach:

## 1.3.1. Wyznaczanie natężenia przepływu spalin

Natężenie przepływu spalin (*G<sub>EXHW,i</sub>*) wyznacza się dla każdej fazy zgodnie z pkt 1.2.1–1.2.3 dodatku 1 do załącznika 4A.

W przypadku układu rozcieńczania przepływu całkowitego natężenie całkowitego przepływu rozcieńczonych spalin (*G<sub>TOTW,i</sub>*) wyznacza się dla każdej fazy zgodnie z pkt 1.2.4 dodatku 1 do załącznika 4A.

## 1.3.2. Korekcja ze stanu suchego na mokry

Korekcję ze stanu suchego na mokry (*G<sub>EXHW,i</sub>*) wyznacza się dla każdej fazy zgodnie z pkt 1.2.1–1.2.3 dodatku 1 do załącznika 4A.

Przy stosowaniu *G<sub>EXHW</sub>* zmierzone stężenie należy przekształcić na stan mokry zgodnie z poniższymi wzorami, o ile nie było zmierzone w stanie mokrym:

$$conc_{wet} = K_w \cdot conc_{dry}$$

Dla nierozcieńczonych spalin:

$$K_{w,r} = \left( \frac{1}{1 + 1,88 \cdot 0,005 \cdot (\%CO[\text{dry}] + \%CO_2[\text{dry}])} \right) - K_{w1}$$

$$K_{w1} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + (1,608 \cdot H_a)}$$

$$H_a = \frac{6,22 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

Dla gazów rozcieńczonych:

$$K_{w,e,1} = \left( 1 - \frac{1,88 \cdot CO_2\%(\text{wet})}{200} \right) - K_{w2}$$

lub:

$$K_{w,e,2} = \left( 1 + \frac{1 - K_{w2}}{1 + \frac{1,88 \cdot CO_2\%(\text{dry})}{200}} \right)$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \cdot [H_d \cdot (1 - 1/DF) + H_a \cdot (1/DF)]}$$

Dla powietrza rozcieńczającego:

$$K_{w,d} = 1 - K_{w3}$$

$$K_{w3} = \frac{1,608 \cdot H_d}{1\,000 + (1,608 \cdot H_d)}$$

$$H_d = \frac{6,22 \cdot R_d \cdot p_d}{p_B - p_d \cdot R_d \cdot 10^{-2}}$$

Dla powietrza wlotowego (jeżeli inne niż powietrze rozcieńczające):

$$K_{w,a} = 1 - K_{w2}$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + (1,608 \cdot H_a)}$$

$$H_a = \frac{6,22 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

gdzie:

$H_a$  = wilgotność bezwzględna powietrza dolotowego (g wody na kg suchego powietrza)

$H_d$  = wilgotność bezwzględna powietrza rozcieńczającego (g wody na kg suchego powietrza)

$R_d$  = wilgotność względna powietrza rozcieńczającego (%)

$R_a$  = wilgotność względna powietrza dolotowego (%)

$p_d$  = ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu rozcieńczającym (kPa)

$p_a$  = ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu dolotowym (kPa)

$p_B$  = całkowite ciśnienie barometryczne (kPa).

*Uwaga:*  $H_a$  i  $H_d$  można uzyskać z pomiaru wilgotności względnej, jak opisano powyżej, lub z pomiaru punktu rosy, pomiaru ciśnienia pary wodnej lub pomiaru termometrem suchym/mokrym, z wykorzystaniem ogólnie przyjętych wzorów.

1.3.3. Korekcja wilgotności dla emisji NO<sub>x</sub>

Ponieważ emisja NO<sub>x</sub> uzależniona jest od warunków powietrza otoczenia, stężenie NO<sub>x</sub> należy korygować względem temperatury i wilgotności powietrza otoczenia, przy pomocy współczynników K<sub>H</sub> podanych w poniższym wzorze:

$$K_H = \frac{1}{1 + A(H_a - 10,71) + B(T_a - 298)}$$

gdzie:

$$A = 0,309 \cdot G_{\text{Fuel}}/G_{\text{AIRD}} - 0,0266$$

$$B = -0,209 \cdot G_{\text{Fuel}}/G_{\text{AIRD}} + 0,00954$$

$$\frac{G_{\text{FUEL}}}{G_{\text{AIRD}}} = \text{Fuel air ratio (dry air basis)}$$

T<sub>a</sub> = temperatura powietrza, w K

H<sub>a</sub> = wilgotność powietrza dolotowego (g wody na kg suchego powietrza):

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

gdzie:

R<sub>a</sub> = wilgotność względna powietrza dolotowego (%)

p<sub>a</sub> = ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu dolotowym (kPa)

p<sub>B</sub> = całkowite ciśnienie barometryczne (kPa).

*Uwaga:* H<sub>a</sub> można uzyskać z pomiaru wilgotności względnej, jak opisano powyżej, lub z pomiaru punktu rosy, pomiaru ciśnienia pary wodnej lub pomiaru termometrem suchym/mokrym, z wykorzystaniem ogólnie przyjętych wzorów.

## 1.3.4. Obliczanie masowego natężenia przepływu emisji

Natężenie masowe przepływu emisji (Gas mass) dla każdej fazy oblicza się w następujący sposób:

a) Dla nierozcieńczonych spalin <sup>(1)</sup>:

$$Gas_{\text{mass}} = u \cdot conc \cdot G_{\text{EXHW}}$$

b) Dla rozcieńczonych spalin <sup>(2)</sup>:

$$Gas_{\text{mass}} = u \cdot conc_c \cdot G_{\text{TOTW}}$$

gdzie:

conc<sub>c</sub> jest stężeniem skorygowanym o tło

$$conc_c = conc - conc_d \cdot (1 - (1/DF))$$

$$DF = 13,4 / (conc_{\text{CO}_2} + (conc_{\text{CO}} + conc_{\text{HC}}) \cdot 10^{-4})$$

lub:

$$DF = 13,4 / conc_{\text{CO}_2}$$

Współczynniki u – stan mokry stosuje się zgodnie z tabelą 5:

<sup>(1)</sup> W przypadku NO<sub>x</sub> stężenie NO<sub>x</sub> (NO<sub>x</sub>conc lub NO<sub>x</sub>conc<sub>c</sub>) należy pomnożyć przez K<sub>HNO<sub>x</sub></sub> (współczynnik korekcji ze względu na wilgotność dla NO<sub>x</sub>, o którym mowa w pkt 1.3.3) w następujący sposób: K<sub>HNO<sub>x</sub></sub> conc lub K<sub>HNO<sub>x</sub></sub> conc<sub>c</sub>.

<sup>(2)</sup> W przypadku NO<sub>x</sub> stężenie NO<sub>x</sub> (NO<sub>x</sub>conc lub NO<sub>x</sub>conc<sub>c</sub>) należy pomnożyć przez K<sub>HNO<sub>x</sub></sub> (współczynnik korekcji ze względu na wilgotność dla NO<sub>x</sub>, o którym mowa w pkt 1.3.3) w następujący sposób: K<sub>HNO<sub>x</sub></sub> conc lub K<sub>HNO<sub>x</sub></sub> conc<sub>c</sub>.



Tabela 5

## Wartości współczynnika u – stan mokry dla poszczególnych składników spalin

| Gaz             | u        | stęż. |
|-----------------|----------|-------|
| NO <sub>x</sub> | 0,001587 | ppm   |
| CO              | 0,000966 | ppm   |
| HC              | 0,000479 | ppm   |
| CO <sub>2</sub> | 15,19    | %     |

Gęstość węglowodorów oparta jest na średnim stosunku węgla do wodoru 1:1,85.

## 1.3.5. Obliczanie emisji jednostkowych

Wielkość emisji jednostkowych (g/kWh) oblicza się dla wszystkich poszczególnych składników w następujący sposób:

$$Individual\ gas = \frac{\sum_{i=1}^n Gas_{mass_i} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

gdzie  $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$

Współczynniki wagowe i liczba faz (n) stosowane w powyższym obliczeniu są zgodne z pkt 3.7.1 załącznika 4A.

## 1.4. Obliczanie emisji cząstek stałych

Wielkość emisji cząstek stałych oblicza się następująco:

## 1.4.1. Współczynnik korekcji wilgotności dla cząstek stałych

Ponieważ emisje cząstek stałych z silników Diesla są uzależnione od warunków powietrza otoczenia, natężenie masowe przepływu cząstek stałych koryguje się względem wilgotności powietrza otoczenia przy pomocy współczynnika  $K_p$  podanego w następującym wzorze:

$$K_p = 1/(1 + 0,0133 \cdot (H_a - 10,71))$$

gdzie:

$H_a$  = wilgotność powietrza dolotowego (gram wody na kg suchego powietrza):

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

gdzie:

$R_a$  = wilgotność względna powietrza dolotowego (%)

$p_a$  = ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu dolotowym (kPa)

$p_B$  = całkowite ciśnienie barometryczne (kPa).

*Uwaga:*  $H_a$  można uzyskać z pomiaru wilgotności względnej, jak opisano powyżej, lub z pomiaru punktu rosy, pomiaru ciśnienia pary wodnej lub pomiaru termometrem suchym/mokrym, z wykorzystaniem ogólnie przyjętych wzorów.

## 1.4.2. Układ rozcieńczania przepływu częściowego

Końcowe wyniki badań emisji cząstek stałych umieszczane w sprawozdaniu otrzymuje się w następujących etapach. Ponieważ dopuszcza się stosowanie różnego typu metod regulacji współczynnika rozcieńczenia, stosuje się różne metody obliczania równoważnego masowego natężenia przepływu rozcieńczonych spalin  $G_{EDF}$ . Wszystkie obliczenia opierają się na uśrednionych wartościach z poszczególnych faz (i) okresu próbkowania.

## 1.4.2.1. Układy izokinetyczne

$$G_{EDFW, i} = G_{EXHW, i} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DILW, i} + (G_{EXHW, i} \cdot r)}{(G_{EXHW, i} \cdot r)}$$

gdzie  $r$  odpowiada stosunkowi powierzchni przekroju poprzecznego sondy izokinetycznej  $A_p$  do powierzchni przekroju poprzecznego rury wydechowej  $A_T$ :

$$r = \frac{A_p}{A_T}$$

1.4.2.2. Układy z pomiarem stężenia CO<sub>2</sub> lub NO<sub>x</sub>

$$G_{EDFW, i} = G_{EXHW, i} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{Conc_{E, i} - Conc_{A, i}}{Conc_{D, i} - Conc_{A, i}}$$

gdzie:

$Conc_E$  = stężenie (w stanie mokrym) gazu znakującego w nierozcieńczonych spalinach

$Conc_D$  = stężenie (w stanie mokrym) gazu znakującego w rozcieńczonych spalinach

$Conc_A$  = stężenie (w stanie mokrym) gazu znakującego w powietrzu rozcieńczającym

Stężenia mierzone w stanie suchym należy przeksztacić na stężenia w stanie mokrym zgodnie z pkt 1.3.2.

1.4.2.3. Układy z pomiarem CO<sub>2</sub> i metodą bilansu węgla

$$G_{EDFW, i} = \frac{206,6 \cdot G_{FUEL, i}}{CO_{2D, i} - CO_{2A, i}}$$

gdzie:

$CO_{2D}$  = stężenie CO<sub>2</sub> w rozcieńczonych spalinach

$CO_{2A}$  = stężenie CO<sub>2</sub> w powietrzu rozcieńczającym

(stężenia w % obj. w stanie mokrym)

Równanie to opiera się na założeniu bilansu węgla (atomy węgla dostarczone do silnika są emitowane jako CO<sub>2</sub>) i wyznacza się je w następujących etapach:

$$G_{EDFW, i} = G_{EXHW, i} \cdot q_i$$

oraz:

$$q_i = \frac{206,6 \cdot G_{FUEL, i}}{G_{EXHW, i} \cdot (CO_{2D, i} - CO_{2A, i})}$$

## 1.4.2.4. Układy z pomiarem przepływu

$$G_{EDFW, i} = G_{EXHW, i} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW, i}}{(G_{TOTW, i} - G_{DILW, i})}$$

## 1.4.3. Układ rozcieńczania przepływu całkowitego

Końcowe wyniki badań emisji cząstek stałych umieszczane w sprawozdaniu otrzymuje się w następujących etapach:

Wszystkie obliczenia opierają się na uśrednionych wartościach z poszczególnych faz ( $i$ ) okresu próbkowania.

$$G_{EDFW, i} = G_{TOTW, i}$$

## 1.4.4. Obliczanie masowego natężenia przepływu cząstek stałych

Masowe natężenie przepływu cząstek stałych oblicza się następująco:

Dla metody jednofiltrowej:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f \cdot (G_{\text{EDFW}})_{\text{aver}}}{M_{\text{SAM}} \cdot 1\,000}$$

gdzie:

$(G_{\text{EDFW}})_{\text{aver}}$  w całym cyklu badania wyznacza się poprzez zsumowanie średnich wartości poszczególnych faz w okresie pobierania próbek:

$$(G_{\text{EDFW}})_{\text{aver}} = \sum_{i=1}^n G_{\text{EDFW},i} \cdot WF_i$$

$$M_{\text{SAM}} = \sum_{i=1}^n M_{\text{SAM},i}$$

gdzie  $i = 1, \dots, n$

Dla metody wielofiltrowej:

$$PT_{\text{mass},i} = \frac{M_{f,i} \cdot (G_{\text{EDFW},i})_{\text{aver}}}{M_{\text{SAM},i} \cdot 1\,000}$$

gdzie  $i = 1, \dots, n$

Masowe natężenie przepływu cząstek stałych można skorygować o tło w następujący sposób:

Dla metody jednofiltrowej:

$$PT_{\text{mass}} = \left[ \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} - \left( \frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} \cdot \left( \sum_{i=1}^n \left( 1 - \frac{1}{DF_i} \right) \cdot WF_i \right) \right) \right] \cdot \frac{(G_{\text{EDFW}})_{\text{aver}}}{1\,000}$$

Jeżeli wykonano więcej niż jeden pomiar,  $(M_d/M_{\text{DIL}})$  zastępuje się  $(M_d/M_{\text{DIL}})_{\text{aver}}$

$$DF = \frac{13,4}{\text{conc}_{\text{CO}_2} + (\text{conc}_{\text{CO}} + \text{conc}_{\text{HC}}) \cdot 10^{-4}}$$

lub:

$$DF = 13,4 / \text{conc}_{\text{CO}_2}$$

Dla metody wielofiltrowej:

$$PT_{\text{mass},i} = \left[ \frac{M_{f,i}}{M_{\text{SAM},i}} - \left( \frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} \cdot \left( 1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \cdot \left[ \frac{G_{\text{EDFW},i}}{1\,000} \right]$$

Jeżeli wykonano więcej niż jeden pomiar,  $(M_d/M_{\text{DIL}})$  zastępuje się  $(M_d/M_{\text{DIL}})_{\text{aver}}$

$$DF = \frac{13,4}{\text{conc}_{\text{CO}_2} + (\text{conc}_{\text{CO}} + \text{conc}_{\text{HC}}) \cdot 10^{-4}}$$

lub:

$$DF = 13,4 / \text{conc}_{\text{CO}_2}$$

## 1.4.5. Obliczanie emisji jednostkowych

Emisję jednostkową cząstek stałych  $PT$  (g/kWh) oblicza się w następujący sposób <sup>(1)</sup>:

Dla metody jednofiltrowej:

$$PT = \frac{PT_{\text{mass}}}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

Dla metody wielofiltrowej:

$$PT = \frac{\sum_{i=1}^n PT_{\text{mass},i} \cdot WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot WF_i}$$

## 1.4.6. Efektywny współczynnik wagowy

Dla metody jednofiltrowej efektywny współczynnik wagowy  $WF_{E,i}$  dla każdej z faz oblicza się w następujący sposób:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{\text{SAM},i} \cdot (G_{\text{EDF}})_{\text{aver}}}{M_{\text{SAM}} \cdot (G_{\text{EDFW},i})}$$

gdzie  $i = 1, \dots, n$ .

Wartość efektywnych współczynników wagowych nie może się różnić od współczynników wagowych podanych w pkt 3.7.1 załącznika 4A o więcej niż  $\pm 0,005$  (wartość bezwzględna).

## 2. OCENA DANYCH I OBLICZENIA (BADANIE NRTC)

W niniejszym punkcie opisano dwie następujące zasady pomiarowe, które można zastosować do oceny emisji zanieczyszczeń w cyklu NRTC:

- a) składniki gazowe mierzy się w nierozcieńczonych gazach spalinowych w czasie rzeczywistym, a cząstki stałe oznacza się przy pomocy układu rozcieńczania przepływu częściowego;
- b) składniki gazowe i cząstki stałe oznacza się przy pomocy układu rozcieńczania przepływu całkowitego (układu CVS).

## 2.1. Obliczenia emisji gazowych w nierozcieńczonych spalinach oraz emisji cząstek stałych przy użyciu układu rozcieńczania przepływu częściowego

## 2.1.1. Wprowadzenie

Sygnały chwilowych wartości stężeń składników gazowych wykorzystuje się do obliczania emisji masowych poprzez pomnożenie przez chwilowe masowe natężenie przepływu spalin. Masowe natężenie przepływu spalin można zmierzyć bezpośrednio lub obliczyć przy pomocy metod opisanych w pkt 2.2.3 dodatku 1 do załącznika 4A (pomiar natężenia przepływu powietrza dolotowego i paliwa, metoda oznaczania gazu znakującego, pomiar powietrza dolotowego i stosunku powietrza do paliwa). Szczególną uwagę poświęca się czasom odpowiedzi poszczególnych przyrządów. Występujące różnice uwzględnia się poprzez zestrojenie czasowe sygnałów.

W przypadku cząstek stałych sygnały dotyczące masowego natężenia przepływu spalin są wykorzystywane do sterowania układem rozcieńczania przepływu częściowego w celu pobrania próbki proporcjonalnej do masowego natężenia przepływu spalin. Jakość tej proporcjonalności należy sprawdzić, stosując analizę metodą regresji między próbką i przepływem spalin, jak opisano w pkt 2 dodatku 1 do załącznika 4A.4.

## 2.1.2. Oznaczanie składników gazowych

## 2.1.2.1. Obliczanie emisji masowych

Masę zanieczyszczeń  $M_{\text{gas}}$  (g/badanie) wyznacza się poprzez obliczenie chwilowych emisji masowych ze stężeń nierozcieńczonych zanieczyszczeń, wartości  $u$  z tabeli 6 (zob. również pkt 1.3.4) oraz masowego przepływu spalin, wyrównanych pod względem czasu przekształcenia, oraz całkowanie wartości chwilowych w cyklu. Preferuje się pomiar stężeń w stanie mokrym. Jeżeli pomiaru dokonano w stanie suchym, przed dalszymi obliczeniami należy zastosować korekcję ze stanu suchego na mokry, jak opisano poniżej, w odniesieniu do chwilowych wartości stężeń.

<sup>(1)</sup> Masowe natężenie przepływu cząstek stałych  $PT_{\text{mass}}$  należy pomnożyć przez  $K_p$  (współczynnik korekcji ze względu na wilgotność cząstek stałych, o którym mowa w pkt 1.4.1).

Tabela 6

Wartości współczynnika  $u$  – stan mokry dla poszczególnych składników spalin

| Gaz             | $u$      | stęż. |
|-----------------|----------|-------|
| NO <sub>x</sub> | 0,001587 | ppm   |
| CO              | 0,000966 | ppm   |
| HC              | 0,000479 | ppm   |
| CO <sub>2</sub> | 15,19    | %     |

Gęstość węglowodorów oparta jest na średnim stosunku węgla do wodoru 1:1,85.

Stosuje się następujący wzór:

$$M_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^n u \cdot \text{conc}_i \cdot G_{\text{EXHW},i} \cdot \frac{1}{f} \quad (\text{in g/test})$$

gdzie:

$u$  = stosunek między gęstością danego składnika spalin a gęstością gazów spalinowych

$\text{conc}_i$  = chwilowe stężenie odnośnego składnika w nierozcieńczonych gazach spalinowych (ppm)

$G_{\text{EXHW},i}$  = chwilowe masowe natężenie przepływu spalin (kg/s)

$f$  = częstotliwość próbkowania danych (Hz)

$n$  = liczba pomiarów

Do obliczania NO<sub>x</sub> stosuje się współczynnik korekcji ze względu na wilgotność  $k_H$ , jak opisano poniżej.

Chwilowo zmierzone stężenie należy przekształcić na stan mokry, jak opisano poniżej, o ile nie zostało zmierzone w stanie mokrym.

## 2.1.2.2. Korekcja ze stanu suchego na mokry

Jeżeli chwilowe stężenia są mierzone w stanie suchym, należy je przeliczyć na stan mokry zgodnie z poniższymi wzorami:

$$\text{conc}_{\text{wet}} = K_W \cdot \text{conc}_{\text{dry}}$$

gdzie:

$$K_{W,r} = \left( \frac{1}{1 + 1,88 \cdot 0,005 \cdot (\text{conc}_{\text{CO}} + \text{conc}_{\text{CO}_2})} \right) - K_{W2}$$

przy czym:

$$K_{W2} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + (1,608 \cdot H_a)}$$

gdzie:

$\text{conc}_{\text{CO}_2}$  = stężenie CO<sub>2</sub> w stanie suchym (%)

$\text{conc}_{\text{CO}}$  = stężenie CO w stanie suchym (%)

$H_a$  = wilgotność powietrza dolotowego (w g wody na kg suchego powietrza)

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

gdzie:

$R_a$  = wilgotność względna powietrza dolotowego (%)

$p_a$  = ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu dolotowym (kPa)

$p_B$  = całkowite ciśnienie barometryczne (kPa).

Uwaga:  $H_a$  można uzyskać z pomiaru wilgotności względnej, jak opisano powyżej, lub z pomiaru punktu rosy, pomiaru ciśnienia pary wodnej lub pomiaru termometrem suchym/mokrym, z wykorzystaniem ogólnie przyjętych wzorów.

2.1.2.3. Korekcja NO<sub>x</sub> ze względu na wilgotność i temperaturę

Ponieważ emisja NO<sub>x</sub> uzależniona jest od warunków powietrza otoczenia, stężenie NO<sub>x</sub> należy korygować względem wilgotności i temperatury powietrza otoczenia, przy pomocy współczynników podanych w poniższym wzorze:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (H_a - 10,71) + 0,0045 \cdot (T_a - 298)}$$

przy czym:

T<sub>a</sub> = temperatura powietrza dolotowego, w K

H<sub>a</sub> = wilgotność powietrza dolotowego, w g wody na kg suchego powietrza

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

gdzie:

R<sub>a</sub> = wilgotność względna powietrza dolotowego (%)

p<sub>a</sub> = ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu dolotowym (kPa)

p<sub>B</sub> = całkowite ciśnienie barometryczne (kPa).

Uwaga: H<sub>a</sub> można uzyskać z pomiaru wilgotności względnej, jak opisano powyżej, lub z pomiaru punktu rosy, pomiaru ciśnienia pary wodnej lub pomiaru termometrem suchym/mokrym, z wykorzystaniem ogólnie przyjętych wzorów.

## 2.1.2.4. Obliczanie emisji jednostkowych

Emisje jednostkowe (g/kWh) oblicza się dla każdego składnika w następujący sposób:

$$\text{Individual Gas} = \frac{(1/10)M_{\text{gas,cold}} + (9/10)M_{\text{gas,hot}}}{(1/10)W_{\text{gas,cold}} + (9/10)W_{\text{gas,hot}}}$$

gdzie:

M<sub>gas,cold</sub> = całkowita masa zanieczyszczeń gazowych w cyklu zimnego rozruchu (g)

M<sub>gas,hot</sub> = całkowita masa zanieczyszczeń gazowych w cyklu gorącego rozruchu (g)

W<sub>act,cold</sub> = praca rzeczywista w cyklu zimnego rozruchu wyznaczona zgodnie z pkt 4.6.2 załącznika 4A (kWh)

W<sub>act,hot</sub> = praca rzeczywista w cyklu gorącego rozruchu wyznaczona zgodnie z pkt 4.6.2 załącznika 4A (kWh)

## 2.1.3. Oznaczenie cząstek stałych

## 2.1.3.1. Obliczanie emisji masowych

Masę cząstek stałych M<sub>PT,cold</sub> i M<sub>PT,hot</sub> (g/badanie) oblicza się według jednej z poniższych metod:

$$a) M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \cdot \frac{M_{EDFW}}{1\ 000}$$

gdzie:

M<sub>PT</sub> = M<sub>PT,cold</sub> dla cyklu zimnego rozruchu

M<sub>PT</sub> = M<sub>PT,hot</sub> dla cyklu gorącego rozruchu

M<sub>f</sub> = masa cząstek stałych zebranych w cyklu (mg)

M<sub>EDFW</sub> = masa równoważnych rozcieńczonych spalin w cyklu (kg)

M<sub>SAM</sub> = masa rozcieńczonych spalin przechodzących przez filtry cząstek stałych (kg)

Masę całkowitą równoważnych spalin rozcieńczonych w cyklu wyznacza się w następujący sposób:

$$M_{EDFW} = \sum_{i=1}^n G_{EDFW,i} \cdot \frac{1}{f}$$

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \cdot q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{G_{TOTW,i} - G_{DILW,i}}$$

gdzie:

$G_{EDFW,i}$  = chwilowe równoważne masowe natężenie przepływu rozcieńczonych spalin (kg/s)

$G_{EXHW,i}$  = chwilowe masowe natężenie przepływu spalin (kg/s)

$q_i$  = chwilowy stosunek rozcieńczenia

$G_{TOTW,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu rozcieńczonych spalin przez tunel rozcieńczający (kg/s)

$G_{DILW,i}$  = chwilowe masowe natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego (kg/s)

$f$  = częstotliwość próbkowania danych (Hz)

$n$  = liczba pomiarów

$$b) M_{PT} = \frac{M_f}{r_s \cdot 1\,000}$$

gdzie:

$M_{PT} = M_{PT,cold}$  dla cyklu zimnego rozruchu

$M_{PT} = M_{PT,hot}$  dla cyklu gorącego rozruchu

$M_f$  = masa cząstek stałych zebranych w cyklu (mg)

$r_s$  = średni stosunek pobierania próbek w całym cyklu badania

gdzie:

$$r_s = \frac{M_{SE}}{M_{EXHW}} \cdot \frac{M_{SAM}}{M_{TOTW}}$$

$M_{SE}$  = masa próbek spalin zebranych w cyklu (kg)

$M_{EXHW}$  = całkowity masowy przepływ spalin w cyklu (kg)

$M_{SAM}$  = masa rozcieńczonych spalin przechodzących przez filtry cząstek stałych (kg)

$M_{TOTW}$  = masa rozcieńczonych spalin przepływających przez tunel rozcieńczający (kg)

*Uwaga:* w przypadku układu z pobieraniem próbek z całego przepływu wartości  $M_{SAM}$  i  $M_{TOTW}$  są takie same.

#### 2.1.3.2. Współczynnik korekcji emisji cząstek stałych ze względu na wilgotność

Ponieważ emisje cząstek stałych z silników Diesla są uzależnione od warunków powietrza otoczenia, stężenie cząstek stałych koryguje się względem wilgotności powietrza otoczenia przy pomocy współczynnika  $k_p$  podanego w następującym wzorze:

$$k_p = \frac{1}{(1 + 0,0133 \cdot (H_a - 10,71))}$$

gdzie:

$H_a$  = wilgotność powietrza dolotowego w g wody na kg suchego powietrza

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

gdzie:

$R_a$  = wilgotność względna powietrza dolotowego (%)

$p_a$  = ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu dolotowym (kPa)

$p_B$  = całkowite ciśnienie barometryczne (kPa).

Uwaga:  $H_a$  można uzyskać z pomiaru wilgotności względnej, jak opisano powyżej, lub z pomiaru punktu rosy, pomiaru ciśnienia pary wodnej lub pomiaru termometrem suchym/mokrym, z wykorzystaniem ogólnie przyjętych wzorów.

### 2.1.3.3. Obliczanie emisji jednostkowych

Emisje jednostkowe (g/kWh) oblicza się w następujący sposób:

$$PT = \frac{(1/10)K_{p,cold} \cdot M_{PT,cold} + (9/10)K_{p,hot} \cdot M_{PT,hot}}{(1/10)W_{act,cold} + (9/10)W_{act,hot}}$$

gdzie:

$M_{PT,cold}$  = masa cząstek stałych w całym cyklu zimnego rozruchu (g/badanie)

$M_{PT,hot}$  = masa cząstek stałych w całym cyklu gorącego rozruchu (g/badanie)

$K_{p,cold}$  = współczynnik korekcji wilgotności dla cząstek stałych w cyklu zimnego rozruchu

$K_{p,hot}$  = współczynnik korekcji wilgotności dla cząstek stałych w cyklu gorącego rozruchu

$W_{act,cold}$  = praca rzeczywista w cyklu zimnego rozruchu wyznaczona zgodnie z pkt 4.6.2 załącznika 4A (kWh)

$W_{act,hot}$  = praca rzeczywista w cyklu gorącego rozruchu wyznaczona zgodnie z pkt 4.6.2 załącznika 4A (kWh)

### 2.2. Oznaczanie składników gazowych i cząstek stałych za pomocą układu rozcieńczania przepływu całkowitego

Do obliczenia poziomu emisji zanieczyszczeń w rozcieńczonych spalinach niezbędne jest ustalenie masowego natężenia przepływu rozcieńczonych spalin. Wielkość całkowitego przepływu rozcieńczonych spalin w cyklu  $M_{TOTW}$  (kg/badanie) oblicza się z wartości zmierzonych w cyklu i odpowiadających im danych wzorcowania z urządzenia do pomiaru przepływu ( $V_0$  dla PDP,  $K_V$  dla CFV,  $C_d$  dla SSV): można zastosować odpowiednie metody opisane w pkt 2.2.1. Jeżeli masa całkowita próbki cząstek stałych ( $M_{SAM}$ ) i zanieczyszczeń gazowych przekracza 0,5 % całkowitego przepływu CVS ( $M_{TOTW}$ ), to koryguje się przepływ CVS o  $M_{SAM}$  lub przepływ próbki cząstek stałych zwraca się do CVS przed skierowaniem go do urządzenia mierzącego przepływ.

#### 2.2.1. Wyznaczanie natężenia przepływu rozcieńczonych spalin

Układ PDP-CVS

Jeżeli temperatura rozcieńczonych spalin utrzymywana jest z dokładnością do  $\pm 6$  K w całym cyklu za pomocą wymiennika ciepła, przepływ masowy w ciągu cyklu oblicza się w następujący sposób:

$$M_{TOTW} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_p \cdot (p_B - p_1) \cdot 273/(101,3 \cdot T)$$

gdzie:

$M_{TOTW}$  = masa rozcieńczonych spalin w stanie mokrym w całym cyklu

$V_0$  = objętość gazu tłoczonego na obrót w warunkach badania ( $m^3$ /obr.)

$N_p$  = łączna liczba obrotów pompy w badaniu

$p_B$  = ciśnienie atmosferyczne w hamowni (kPa)

$p_1$  = spadek ciśnienia poniżej ciśnienia atmosferycznego na wlocie pompy (kPa)

$T$  = średnia temperatura rozcieńczonych spalin na wlocie do pompy w całym cyklu (K)

Jeżeli używa się układu z kompensacją przepływu (tzn. bez wymiennika ciepła), w czasie cyklu oblicza się i całkuje chwilowe wartości emisji masowych. W tym przypadku chwilową masę rozcieńczonych spalin oblicza się następująco:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_{p,i} \cdot (p_B - p_1) \cdot 273/(101,3 \cdot T)$$

gdzie:

$N_{p,i}$  = łączna liczba obrotów pompy w danym okresie czasu

Układ CFV-CVS

Jeżeli temperatura rozcieńczonych spalin utrzymywana jest z dokładnością do  $\pm 11$  K w całym cyklu za pomocą wymiennika ciepła, przepływ masowy w ciągu cyklu oblicza się w następujący sposób:

$$M_{TOTW} = 1,293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_A/T^{0,5}$$



gdzie:

$M_{TOTW}$  = masa rozcieńczonych spalin w stanie mokrym w całym cyklu

$t$  = czas trwania cyklu (s)

$K_V$  = współczynnik wzorcowania zwężki Venturiego o przepływie krytycznym dla warunków normalnych,

$p_A$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego (kPa)

$T$  = temperatura bezwzględna na wlocie zwężki Venturiego (K)

Jeżeli używa się układu z kompensacją przepływu (tzn. bez wymiennika ciepła), w czasie cyklu oblicza się i całkuje chwilowe wartości emisji masowych. W tym przypadku chwilową masę rozcieńczonych spalin oblicza się następująco:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_A / T^{0,5}$$

gdzie:

$\Delta t_i$  = przedział czasowy (s)

Układ SSV-CVS

Jeżeli temperatura rozcieńczonych spalin utrzymywana jest na stałym poziomie (z tolerancją  $\pm 11$  K) w całym cyklu za pomocą wymiennika ciepła, przepływ masowy w ciągu cyklu oblicza się w następujący sposób:

$$M_{TOTW} = 1,293 \cdot Q_{SSV} \cdot \Delta t$$

gdzie:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[ \frac{1}{T} (r^{1,4286} - r^{1,7143}) \cdot \left( \frac{1}{1 - \beta^4 r^{1,4286}} \right) \right]}$$

$A_0$  = zbiór stałych i konwersji jednostek

$$= 0,006111 \text{ w jednostkach SI} \left( \frac{m^3}{min} \right) \left( \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \right) \left( \frac{1}{mm^2} \right)$$

$d$  = średnica gardzieli SSV (m)

$C_d$  = współczynnik wypływu SSV

$p_A$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego (kPa)

$T$  = temperatura na wlocie zwężki Venturiego (K)

$r$  = stosunek statycznego ciśnienia bezwzględnego w gardzieli SSV do podobnego ciśnienia na wlocie =  $1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

$\beta$  = stosunek średnicy gardzieli SSV,  $d$ , do wewnętrznej średnicy rury wlotowej =  $\frac{d}{D}$

Jeżeli używa się układu z kompensacją przepływu (tzn. bez wymiennika ciepła), w czasie cyklu oblicza się i całkuje chwilowe wartości emisji masowych. W tym przypadku chwilową masę rozcieńczonych spalin oblicza się następująco:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 \cdot Q_{SSV} \cdot \Delta t_i$$

gdzie:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[ \frac{1}{T} (r^{1,4286} - r^{1,7143}) \left( \frac{1}{1 - \beta^4 r^{1,4286}} \right) \right]}$$

$\Delta t_i$  = przedział czasowy (s)

Obliczenia czasu rzeczywistego rozpoczyna się albo wartością umiarkowaną dla  $C_d$ , taką jak 0,98, albo wartością umiarkowaną dla  $Q_{SSV}$ . Jeżeli obliczenia rozpoczyna się od  $Q_{SSV}$ , do analizy  $Re$  należy wykorzystać wartość początkową  $Q_{SSV}$ .

Podczas wszystkich badań emisji liczba Reynoldsa na gardzieli SSV musi mieścić się w zakresie liczb Reynoldsa wykorzystanych do wyznaczenia krzywej wzorcowania z pkt 3.2 dodatku 2.

2.2.2. Korekcja NO<sub>x</sub> ze względu na wilgotność

Ponieważ emisja NO<sub>x</sub> uzależniona jest od warunków powietrza otoczenia, stężenie NO<sub>x</sub> należy korygować względem wilgotności powietrza otoczenia, przy pomocy współczynników podanych w poniższych wzorach:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (H_a - 10,71) + 0,0045 \cdot (T_a - 298)}$$

gdzie:

$T_a$  = temperatura powietrza (K)

$H_a$  = wilgotność powietrza dolotowego (w g wody na kg suchego powietrza)

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

gdzie:

$R_a$  = wilgotność względna powietrza dolotowego (%)

$p_a$  = ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu dolotowym (kPa)

$p_B$  = całkowite ciśnienie barometryczne (kPa).

*Uwaga:*  $H_a$  można uzyskać z pomiaru wilgotności względnej, jak opisano powyżej, lub z pomiaru punktu rosy, pomiaru ciśnienia pary wodnej lub pomiaru termometrem suchym/mokrym, z wykorzystaniem ogólnie przyjętych wzorów.

## 2.2.3. Obliczanie masowego natężenia przepływu emisji

## 2.2.3.1. Układy ze stałym masowym natężeniem przepływu

W odniesieniu do układów z wymiennikiem ciepła masę zanieczyszczeń  $M_{GAS}$  (g/badanie) wyznacza się z następującego równania:

$$M_{gas} = u \cdot conc \cdot M_{TOTW}$$

gdzie:

$u$  = stosunek między gęstością danego składnika spalin a gęstością rozcieńczonych gazów spalinowych, jak podano w tabeli 6, pkt 2.1.2.1

$conc$  = średnie stężenia w całym cyklu z korekcją ze względu na tło, wynikające z całkowania (obowiązkowe dla NO<sub>x</sub> i HC) lub z pomiaru z użyciem filtra workowego (ppm)

$M_{TOTW}$  = całkowita masa rozcieńczonych spalin w całym cyklu wyznaczona zgodnie z pkt 2.2.1 (kg)

Ponieważ emisja NO<sub>x</sub> uzależniona jest od warunków powietrza otoczenia, stężenie NO<sub>x</sub> należy korygować względem wilgotności powietrza otoczenia za pomocą współczynnika  $k_H$  opisanego w pkt 2.2.2.

Stężenia mierzone w stanie suchym należy przekształcić na stężenia w stanie mokrym zgodnie z pkt 1.3.2.

## 2.2.3.1.1. Wyznaczanie stężeń skorygowanych o stężenie tła

Aby otrzymać stężenia netto zanieczyszczeń, należy odjąć średnie stężenie tła zanieczyszczeń gazowych w powietrzu rozcieńczającym od stężenia zmierzonego. Wartości średnie stężeń tła można ustalić metodą analizy próbki z worka lub za pomocą pomiaru ciągłego z całkowaniem. Stosuje się następujący wzór.

$$conc = conc_e - conc_d \cdot (1 - (1/DF))$$

gdzie:

$conc$  = stężenie danego zanieczyszczenia w rozcieńczonych spalinach skorygowane o ilość danego zanieczyszczenia w powietrzu rozcieńczającym (ppm)

$conc_e$  = stężenie danego zanieczyszczenia zmierzone w rozcieńczonych spalinach (ppm)

$conc_d$  = stężenie danego zanieczyszczenia zmierzone w powietrzu rozcieńczającym (ppm)

$DF$  = współczynnik rozcieńczenia

Współczynnik rozcieńczenia oblicza się w następujący sposób:

$$DF = \frac{13,4}{\text{conc}_{\text{eCO}_2} + (\text{conc}_{\text{eHC}} + \text{conc}_{\text{eCO}}) \cdot 10^{-4}}$$

#### 2.2.3.2. Układy z kompensacją przepływu

W przypadku układów bez wymiennika ciepła masę zanieczyszczeń  $M_{\text{GAS}}$  (g/badanie) wyznacza się poprzez obliczenie chwilowych emisji masowych i całkowanie wartości chwilowych w cyklu. Do wartości stężenia chwilowego stosuje się również bezpośrednio korektę o stężenie tła. Stosuje się następujące wzory:

$$M_{\text{GAS}} = \sum_{i=1}^n \left( (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{conc}_{\text{e},i} \cdot u) - \left( M_{\text{TOTW}} \cdot \text{conc}_d \cdot \left( 1 - \frac{1}{DF} \right) \cdot u \right) \right)$$

gdzie:

$\text{conc}_{\text{e},i}$  = chwilowe stężenie danego zanieczyszczenia zmierzone w rozcieńczonych spalinach (ppm)

$\text{conc}_d$  = stężenie danego zanieczyszczenia zmierzone w powietrzu rozcieńczającym (ppm)

$u$  = stosunek między gęstością danego składnika spalin a gęstością rozcieńczonych gazów spalinyowych, jak podano w tabeli 6, pkt 2.1.2.1

$M_{\text{TOTW},i}$  = chwilowa masa rozcieńczonych spalin (pkt 2.2.1) (kg)

$M_{\text{TOTW}}$  = całkowita masa rozcieńczonych spalin w cyklu (pkt 2.2.1) (kg)

$DF$  = współczynnik rozcieńczenia określony zgodnie z pkt 2.2.3.1.1

Ponieważ emisja  $\text{NO}_x$  uzależniona jest od warunków powietrza otoczenia, stężenie  $\text{NO}_x$  należy korygować względem wilgotności powietrza otoczenia za pomocą współczynnika  $k_H$  opisanego w pkt 2.2.2.

#### 2.2.4. Obliczanie emisji jednostkowych

Emisje jednostkowe (g/kWh) oblicza się dla każdego składnika w następujący sposób:

$$\text{Individual Gas} = \frac{(1/10)M_{\text{gas,cold}} + (9/10)M_{\text{gas,hot}}}{(1/10)W_{\text{gas,cold}} + (9/10)W_{\text{gas,hot}}}$$

gdzie:

$M_{\text{gas,cold}}$  = całkowita masa zanieczyszczeń gazowych w cyklu zimnego rozruchu (g)

$M_{\text{gas,hot}}$  = całkowita masa zanieczyszczeń gazowych w cyklu gorącego rozruchu (g)

$W_{\text{act,cold}}$  = praca rzeczywista w cyklu zimnego rozruchu wyznaczona zgodnie z pkt 4.6.2 załącznika 4A (kWh)

$W_{\text{act,hot}}$  = praca rzeczywista w cyklu gorącego rozruchu wyznaczona zgodnie z pkt 4.6.2 załącznika 4A (kWh)

#### 2.2.5. Obliczanie emisji cząstek stałych

##### 2.2.5.1. Obliczanie przepływu masowego

Masę cząstek stałych  $M_{\text{PT,cold}}$  i  $M_{\text{PT,hot}}$  (g/badanie) oblicza się w następujący sposób:

$$M_{\text{PT}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} \cdot \frac{M_{\text{TOTW}}}{1\,000}$$

gdzie:

$M_{\text{PT}}$  =  $M_{\text{PT,cold}}$  dla cyklu zimnego rozruchu

$M_{\text{PT}}$  =  $M_{\text{PT,hot}}$  dla cyklu gorącego rozruchu

$M_f$  = masa cząstek stałych zebranych w cyklu (mg)

$M_{\text{TOTW}}$  = całkowita masa rozcieńczonych spalin w całym cyklu wyznaczona zgodnie z pkt 2.2.1 (kg)

$M_{\text{SAM}}$  = masa rozcieńczonych spalin pobranych z tunelu rozcieńczania do zbierania cząstek stałych (kg)

oraz

$$M_f = M_{f,p} + M_{f,b}, \text{ jeżeli ważone oddzielnie (mg)}$$

$M_{f,p}$  = masa cząstek stałych zebranych na filtrze pierwotnym (mg)

$M_{f,b}$  = masa cząstek stałych zebranych na filtrze wtórnym (mg)

Jeżeli stosuje się układ podwójnego rozcieńczenia, masę wtórnego powietrza rozcieńczającego odejmuje się od masy całkowitej podwójnie rozcieńczonych spalin przepływających przez filtry cząstek stałych.

$$M_{SAM} = M_{TOT} - M_{SEC}$$

gdzie:

$M_{TOT}$  = masa podwójnie rozcieńczonych spalin przepływających przez filtr cząstek stałych (kg)

$M_{SEC}$  = masa wtórnego powietrza rozcieńczającego (kg)

Jeżeli wyznaczono poziom tła cząstek stałych w powietrzu rozcieńczającym zgodnie z pkt 4.4.4 załącznika 4A, to masę cząstek stałych można skorygować o stężenie tła. W takim przypadku masę cząstek stałych  $M_{PT,cold}$  i  $M_{PT,hot}$  (g/badanie) oblicza się w następujący sposób:

$$M_{PT} = \left( \frac{M_f}{M_{SAM}} - \left( \frac{M_d}{M_{DIL}} \cdot \left( 1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right) \cdot \frac{M_{TOTW}}{1\ 000}$$

gdzie:

$M_{PT}$  =  $M_{PT,cold}$  dla cyklu zimnego rozruchu

$M_{PT}$  =  $M_{PT,hot}$  dla cyklu gorącego rozruchu

$M_f$ ,  $M_{SAM}$ ,  $M_{TOTW}$  = zob. powyżej

$M_{DIL}$  = masa pierwotnego powietrza rozcieńczającego przechodzącego przez układ pobierania cząstek stałych z tła (kg)

$M_d$  = masa cząstek stałych tła zebranych z próbki pierwotnego powietrza rozcieńczającego (mg)

$DF$  = współczynnik rozcieńczenia określony zgodnie z pkt 2.2.3.1.1

#### 2.2.5.2. Współczynnik korekcji emisji cząstek stałych ze względu na wilgotność

Ponieważ emisje cząstek stałych z silników Diesla są uzależnione od warunków powietrza otoczenia, stężenie cząstek stałych koryguje się względem wilgotności powietrza otoczenia przy pomocy współczynnika  $k_p$  podanego w następującym wzorze:

$$k_p = \frac{1}{(1 + 0,0133 \cdot (H_a - 10,71))}$$

gdzie:

$H_a$  = wilgotność powietrza dolotowego (w g wody na kg suchego powietrza)

$$H_a = \frac{6,220 \cdot R_a \cdot p_a}{p_B - p_a \cdot R_a \cdot 10^{-2}}$$

gdzie:

$R_a$  = wilgotność względna powietrza dolotowego (%)

$p_a$  = ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu dolotowym (kPa)

$p_B$  = całkowite ciśnienie barometryczne (kPa).

*Uwaga:*  $H_a$  można uzyskać z pomiaru wilgotności względnej, jak opisano powyżej, lub z pomiaru punktu rosy, pomiaru ciśnienia pary wodnej lub pomiaru termometrem suchym/mokrym, z wykorzystaniem ogólnie przyjętych wzorów.

## 2.2.5.3. Obliczanie emisji jednostkowych

Emisje jednostkowe (g/kWh) oblicza się w następujący sposób:

$$PT = \frac{(1/10)K_{p,cold} \cdot M_{PT,cold} + (9/10)K_{p,hot} \cdot M_{PT,hot}}{(1/10)W_{act,cold} + (9/10)W_{act,hot}}$$

gdzie:

$M_{PT,cold}$  = masa cząstek stałych w całym cyklu zimnego rozruchu w badaniu NRTC (g/badanie)

$M_{PT,hot}$  = masa cząstek stałych w całym cyklu gorącego rozruchu w badaniu NRTC (g/badanie)

$K_{p,cold}$  = współczynnik korekcji wilgotności dla cząstek stałych w cyklu zimnego rozruchu

$K_{p,hot}$  = współczynnik korekcji wilgotności dla cząstek stałych w cyklu gorącego rozruchu

$W_{act,cold}$  = praca rzeczywista w cyklu zimnego rozruchu wyznaczona zgodnie z pkt 4.6.2 załącznika 4A (kWh)

$W_{act,hot}$  = praca rzeczywista w cyklu gorącego rozruchu wyznaczona zgodnie z pkt 4.6.2 załącznika 4A (kWh)

—

## Dodatek 4

## Układy analityczne i pobierania próbek

## 1. UKŁADY PRÓBKOWANIA ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH I CZĄSTEK STAŁYCH

| Numer rysunku | Opis  |
|---------------|---|
| 2             | Układ badania gazów spalinowych dla nierozcieńczonych spalin  |
| 3             | Układ badania gazów spalinowych dla rozcieńczonych spalin   |
| 4             | Układ rozcieńczania przepływu częściowego, przepływ izokinetyczny, dmuchawa ssąca i pobieranie próbek z części przepływu rozcieńczonego                       |
| 5             | Układ rozcieńczania przepływu częściowego, przepływ izokinetyczny, dmuchawa tłocząca i pobieranie próbek z części przepływu rozcieńczonego                    |
| 6             | Układ rozcieńczania przepływu częściowego, kontrola CO <sub>2</sub> lub NO <sub>x</sub> , pobieranie próbek z części przepływu rozcieńczonego                 |
| 7             | Układ rozcieńczania przepływu częściowego, kontrola CO <sub>2</sub> lub bilans węgla, pobieranie próbek z całego przepływu rozcieńczonego                     |
| 8             | Układ rozcieńczania przepływu częściowego z pojedynczą zwężką Venturiego i pomiarem stężenia, pobieranie próbek z części przepływu rozcieńczonego             |
| 9             | Układ rozcieńczania przepływu częściowego z dwiema zwężkami Venturiego lub kryzami i pomiarem stężenia, pobieranie próbek z części przepływu rozcieńczonego   |
| 10            | Układ rozcieńczania przepływu częściowego z wiązką rurek rozdzielających i pomiarem stężenia, pobieranie próbek z części przepływu rozcieńczonego             |
| 11            | Układ rozcieńczania przepływu częściowego z kontrolą przepływu, pobieranie próbek z całego przepływu rozcieńczonego   |
| 12            | Układ rozcieńczania przepływu częściowego z kontrolą przepływu, pobieranie próbek z części przepływu rozcieńczonego   |
| 13            | Układ rozcieńczania przepływu całkowitego z pompą wyporową lub zwężką Venturiego o przepływie krytycznym, pobieranie próbek z części przepływu rozcieńczonego |
| 14            | Układ próbkowania cząstek stałych   |
| 15            | Układ rozcieńczania przepływu całkowitego   |

## 1.1. Oznaczenie emisji gazowych

Punkt 1.1.1 i rys. 2 i 3 zawierają szczegółowe opisy zalecanych układów pobierania i analizowania próbek. Ponieważ różne konfiguracje mogą dawać równoważne wyniki, nie jest wymagana dokładna zgodność z tymi rysunkami. Do uzyskania informacji dodatkowych i skoordynowania działania układów składowych można użyć części dodatkowych, takich jak przyrządy, zawory, solenoidy, pompy i przełączniki. Pozostałe części, które nie są potrzebne do utrzymywania dokładności niektórych układów, mogą być wyłączone, o ile ich wyłączenie opiera się na właściwej ocenie technicznej.

1.1.1. Gazowe składniki spalin CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub>

Układ analityczny do oznaczania poziomów emisji zanieczyszczeń gazowych w nierozcieńczonych lub rozcieńczonych spalinach opisano w oparciu o wykorzystanie:

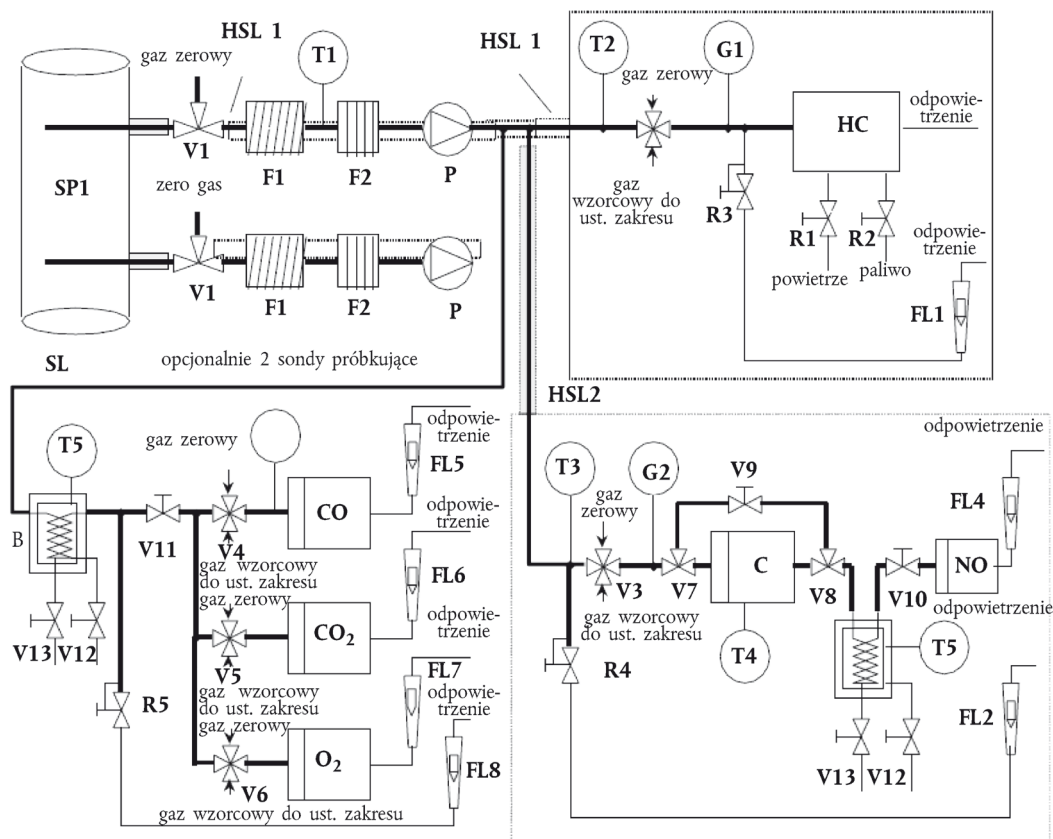
- analizatora HFID do oznaczania węglowodorów;
- analizatorów NDIR do oznaczania tlenu węgla i dwutlenku węgla;
- analizatora HCLD lub równoważnego do oznaczania tlenu azotu.

W przypadku gazów nierozcieńczonych (rysunek 2) próbkę dla wszystkich składników można pobrać za pomocą jednej sondy do próbkowania lub za pomocą dwóch sond do próbkowania znajdujących się blisko siebie i wewnętrznie rozgałęzionych do poszczególnych analizatorów. Należy zwrócić uwagę, aby w żadnym punkcie układu analizującego nie występowała kondensacja składników spalin (w tym wody i kwasu siarkowego).

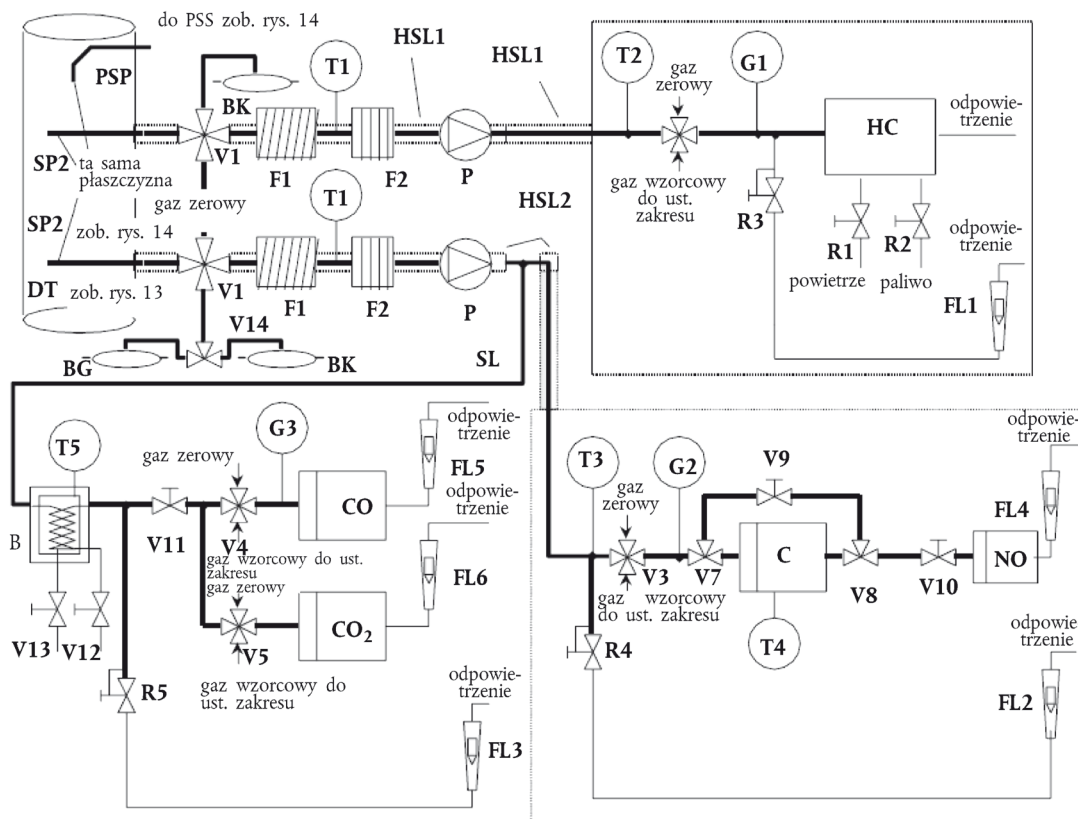
W przypadku rozcieńczonych gazów spalinowych (rysunek 3) próbkę do oznaczenia węglowodorów należy pobierać inną sondą niż próbkę dla pozostałych składników. Należy zwrócić uwagę, aby w żadnym punkcie układu analizującego nie występowała kondensacja składników spalin (w tym wody i kwasu siarkowego).

Rysunek 2

### Schemat przepływowy układu analizy spalin dla CO, NO<sub>x</sub> i HC



Rysunek 3

Schemat przepływowy układu analizy rozcieńczonych spalin dla CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i HC

Opisy – rysunki 2 i 3

Stwierdzenie ogólne:

Wszystkie elementy drogi przepływu pobranej próbki gazu utrzymuje się w temperaturze wymaganej dla poszczególnych układów.

— SP1: sonda do próbkowania spalin nierozcieńczonych (tylko rysunek 2)

Zalecana jest wielootworowa prosta sonda ze stali nierdzewnej, o zaślepionym końcu. Wewnętrzna średnica sondy nie może być większa niż średnica wewnętrzna linii pobierania próbek. Grubość ścianki sondy nie może być większa niż 1 mm. Sonda musi mieć co najmniej trzy otwory w trzech różnych płaszczyznach promieniowych o takim rozmiarze, aby pobierać w przybliżeniu jednakowy przepływ. Sondę należy wsunąć w poprzek rury wydechowej na głębokość co najmniej 80 % jej średnicy.

— SP2: sonda do pobierania próbek HC z rozcieńczonych spalin (tylko rysunek 3)

Sonda musi:

- stanowić pierwszy odcinek o długości od 254 mm do 762 mm linii do pobierania próbek węglowodorów (HSL3);
- mieć średnicę wewnętrzną wynoszącą co najmniej 5 mm;
- być zainstalowana w tunelu rozcieńczania DT (pkt 1.2.1.2), w punkcie, w którym powietrze rozcieńczające i spaliny są dobrze wymieszane (to jest w przybliżeniu w odległości około 10 średnic tunelu od punktu wlotu spalin do tunelu rozcieńczania, w kierunku przepływu);
- być położona w wystarczającej odległości (promieniowo) od innych sond i ścianki tunelu, tak aby była wolna od wpływu obszarów martwych lub zawirowań;
- być ogrzewana tak, aby zapewnić wzrost temperatury strumienia gazu na wylocie z sondy do 463 K (190 °C) ± 10 K.



- SP3: sonda do pobierania próbek CO, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> z rozcieńczonych gazów spalinowych (tylko rysunek 3)  
Sonda musi:
  - być umieszczona w tej samej płaszczyźnie co sonda SP2;
  - być położona w wystarczającej odległości (promieniowo) od innych sond i ścianki tunelu, tak aby była wolna od wpływu obszarów martwych lub zawirowań;
  - być ogrzewana i izolowana na całej długości do temperatury co najmniej 328 K (55 °C) w celu zabezpieczenia przed kondensacją wody.
- HSL1: podgrzewana linia pobierania próbek  
Linia pobierania próbek dostarcza próbki gazu z pojedynczej sondy do punktu (punktów) rozgałęzienia i do analizatora HC.  
Linia pobierania próbek musi:
  - mieć średnicę wewnętrzną minimum 5 mm i maksimum 13,5 mm;
  - być wykonana ze stali nierdzewnej lub PTFE.
  - utrzymywać temperaturę ścianki mierzoną w każdej sekcji z oddzielnym regulowanym podgrzewaniem na poziomie 463 K (190 °C) ± 10 K, jeżeli temperatura spalin w pobliżu sondy do pobierania próbek jest równa lub mniejsza niż 463 K (190 °C);
  - utrzymywać temperaturę ścianki większą niż 453 K (180 °C), jeżeli temperatura spalin w pobliżu sondy do pobierania próbek jest większa niż 463 K (190 °C);
  - utrzymywać temperaturę gazu na poziomie 463 K (190 °C) ± 10 K bezpośrednio przed podgrzewanym filtrem (F2) i analizatorem HFID.
- HSL2: podgrzewana linia pobierania próbek NO<sub>x</sub>  
Linia pobierania próbek musi:
  - utrzymywać temperaturę ścianki 328–473 K (55–200 °C) aż do konwertora, w przypadku zastosowania kąpeli chłodzącej, i aż do analizatora, gdy kąpiel chłodząca nie jest stosowana;
  - być wykonana ze stali nierdzewnej lub PTFE.

Ponieważ ogrzewanie linii do pobierania próbek jest potrzebne wyłącznie w celu zapobieżenia kondensacji wody i kwasu siarkowego, temperatura linii pobierania próbek zależy od zawartości siarki w paliwie.
- SL: linia pobierania próbek CO (CO<sub>2</sub>)  
Linia musi być wykonana z PTFE lub stali nierdzewnej. Może być ogrzewana lub nieogrzewana.
- BK: worek do oznaczania stężeń w tle (nieobowiązkowo; tylko rysunek 3)  
Do pomiaru stężeń tła.
- BG: worek do oznaczania stężeń w próbce spalin (nieobowiązkowo; rysunek 3 tylko dla CO i CO<sub>2</sub>)  
Do pomiaru stężeń w próbce.
- F1: podgrzewany filtr wstępny (nieobowiązkowo)  
Temperatura filtra musi być taka sama, jak temperatura HSL1.
- F2: filtr podgrzewany  
Filtr zatrzymuje wszystkie stałe zanieczyszczenia z próbki gazu przed analizatorem. Temperatura filtra musi być taka sama jak temperatura HSL1. Filtr wymienia się w miarę potrzeb.
- P: podgrzewana linia pobierania próbek  
Pompę ogrzewa się do temperatury HSL1.
- HC  
Podgrzewany detektor płomieniowo-jonizacyjny (HFID) do oznaczania węglowodorów. Temperaturę utrzymuje się w zakresie 453 K–473 K (180 °C–200 °C).
- CO, CO<sub>2</sub>

Analizatory NDIR do oznaczania tlenu węgla i dwutlenku węgla.

— NO<sub>2</sub>

Analizator CLD lub HCLD do oznaczania tlenków azotu. Jeżeli używa się analizatora HCLD, utrzymuje się go w temperaturze 328 K–473 K (55–200 °C).

— C: konwertor

Konwertor stosuje się do katalitycznej redukcji NO<sub>2</sub> do NO przed analizą w CLD lub HCLD.

— B: kąpiel chłodząca

Do schłodzenia i skroplenia wody zawartej w próbce spalin. Temperaturę kąpeli utrzymuje się w zakresie 273–277 K (0–4 °C) za pomocą lodu lub urządzenia chłodzącego. Jest to nieobowiązkowe, jeżeli analizator nie wykazuje zakłóceń spowodowanych parą wodną, jak opisano w pkt 1.9.1 i 1.9.2 dodatku 2 do załącznika 4A.

Stosowanie chemicznych środków usuwających wodę z pobranych próbek jest niedozwolone.

— T1, T2, T3: czujniki temperatury

Do kontrolowania temperatury strumienia gazów.

— T4: czujnik temperatury

Temperatura konwertora NO<sub>2</sub>-NO.

— T5: czujnik temperatury

Do kontrolowania temperatury kąpeli chłodzącej.

— G1, G2, G3: ciśnieniomierze

Do pomiaru ciśnienia w liniach pobierania próbek.

— R1, R2: regulatory ciśnienia

Do kontrolowania ciśnienia, odpowiednio, powietrza i paliwa dla HFID.

— R3, R4, R5: regulatory ciśnienia

Do kontrolowania ciśnienia w liniach pobierania próbek i regulacji dopływu do analizatorów.

— FL1, FL2, FL3: przepływomierze

Do monitorowania natężenia przepływu bocznikowego próbki.

— FL4–FL7: przepływomierze (nieobowiązkowo)

Do monitorowania natężenia przepływu przez analizatory.

— V1–V6: zawory rozdzielcze

Układ zaworów kierujący do analizatorów próbkę spalin, gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego lub gaz zerowy.

— V7, V8: zawory elektromagnetyczne

Do linii bocznikowej konwertora NO<sub>2</sub>-NO.

— V9: zawór iglicowy

Do zrównoważenia przepływu przechodzącego przez konwertor NO<sub>2</sub>-NO i linię bocznikową.

— V10, V11: zawory iglicowe

Do regulacji przepływu przez analizatory.

— V12, V13: zawory spustowe

Do spuszczenia kondensatu z kąpeli B.

— V14: zawór rozdzielczy

Wybierający worek z próbką spalin lub worek z tłem.

## 1.2. Oznaczanie cząstek stałych

Punkty 1.2.1 i 1.2.2 oraz rys. 4–15 zawierają szczegółowe opisy zalecanych układów rozcieńczania i pobierania próbek. Ponieważ różne konfiguracje mogą dawać równoważne wyniki, nie jest wymagana dokładna zgodność z tymi rysunkami. Do uzyskania informacji dodatkowych i skoordynowania działania układów składowych można użyć części dodatkowych, takich jak przyrządy, zawory, solenoidy, pompy i przełączniki. Pozostałe części, które nie są potrzebne do utrzymywania dokładności niektórych układów, mogą być wyłączone, o ile ich wyłączenie opiera się na właściwej ocenie technicznej.

### 1.2.1. Układ rozcieńczania

#### 1.2.1.1. Układ rozcieńczania przepływu częściowego (rysunki 4–12) <sup>(1)</sup>

Układ rozcieńczania opisano w oparciu o rozcieńczanie części strumienia spalin. Rozdzielanie strumienia spalin i proces następczego ich rozcieńczenia można przeprowadzić za pomocą różnego typu układów rozcieńczania. W celu późniejszego zbierania cząstek stałych przez układ pobierania próbek cząstek stałych (pkt 1.2.2, rysunek 14) może być przepuszczana całość lub tylko część rozcieńczonych spalin. Pierwszą metodę określa się jako pobieranie próbek z całego przepływu rozcieńczonego, drugą metodę jako pobieranie próbek z części przepływu rozcieńczonego.

Obliczanie stosunku rozcieńczenia zależy od rodzaju zastosowanego układu.

Zaleca się stosowanie następujących układów:

— izokinetycznego (rysunki 4 i 5)

W układach izokinetycznych przepływ do wnętrza rurki przesyłającej jest dopasowany pod względem prędkości lub ciśnienia gazu do całkowitego przepływu spalin, co wymaga niezakłóconego i równomiernego przepływu spalin przy sondzie pobierającej próbkę. Uzyskuje się to poprzez użycie rezonatora i prostoliniowości przewodu przed punktem pobierania próbek (w kierunku przeciwnym do przepływu). Współczynnik rozdziału oblicza się wtedy z łatwo mierzalnych wartości, na przykład średnic przewodów. Należy zauważyć, że warunki izokinetyczne wykorzystywane są tylko do ustawienia warunków przepływu, a nie w celu ustawienia rozdziału wielkości cząstek stałych. Ustawienie rozdziału wielkości cząstek z reguły nie jest konieczne, gdyż cząstki stałe są dostatecznie małe, aby podążać wzdłuż linii przepływu.

— z regulacją przepływu i z pomiarem stężenia (rysunki 6–10)

W takich układach pobór próbek z całego strumienia spalin dokonywany jest poprzez regulację przepływu powietrza rozcieńczającego i całkowitego przepływu rozcieńczonych spalin. Stosunek rozcieńczenia wyznacza się ze stężeń naturalnie występujących w spalinach gazów znakujących, takich jak CO<sub>2</sub> lub NO<sub>x</sub>. Mierzy się stężenie w rozcieńczonych spalinach i w powietrzu rozcieńczającym, przy czym stężenie w nierozcieńczonych spalinach można zmierzyć bezpośrednio lub wyznaczyć z przepływu paliwa oraz równania bilansu węgla, jeżeli znany jest skład paliwa. Układy można regulować w oparciu o obliczony stosunek rozcieńczenia (rys. 6 i 7) lub za pomocą przepływu w przewodzie przesyłającym (rys. 8, 9 i 10).

— z regulacją przepływu i z jego pomiarem (rysunki 11 i 12)

W takich układach próbka jest pobierana z całego strumienia spalin poprzez ustawienie przepływu powietrza rozcieńczającego oraz całkowitego przepływu rozcieńczonych spalin. Stosunek rozcieńczenia wyznacza się z różnicy natężeń obu przepływów. W związku z tym, że wzajemne wartości bezwzględne natężenia obu przepływów przy wyższych stosunkach rozcieńczenia mogą prowadzić do znaczących błędów, wymagane jest wzajemne dokładne wzorcowanie przepływomierzy. Przepływ reguluje się w bardzo prosty sposób, utrzymując stałą wartość natężenia przepływu rozcieńczonych spalin i różnicując, jeżeli jest to potrzebne, wartość natężenia przepływu powietrza rozcieńczającego.

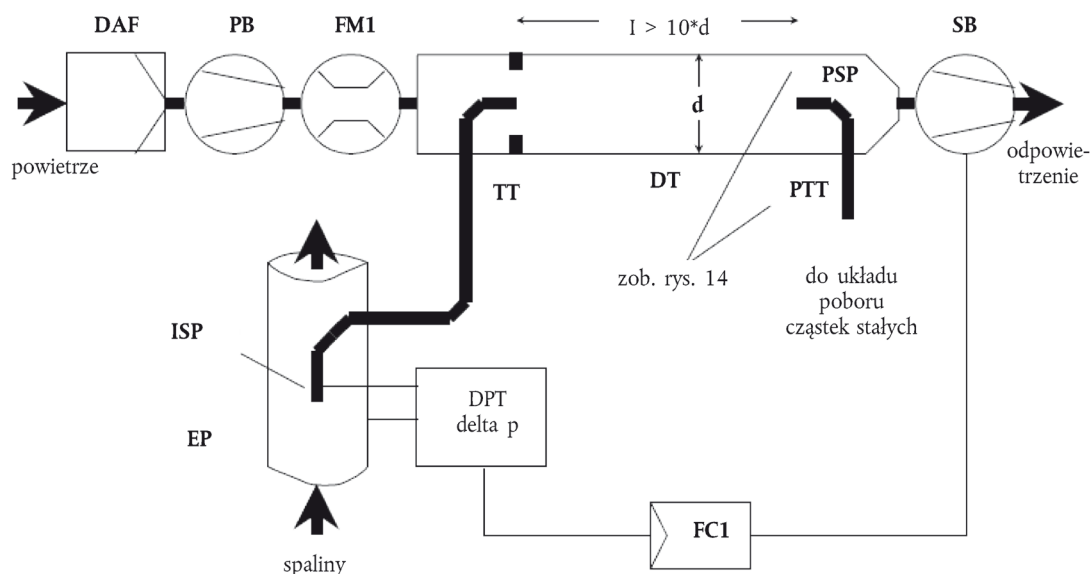
Aby wykorzystać wszystkie zalety układów rozcieńczania przepływu częściowego, należy zwrócić uwagę na to, aby wyeliminować potencjalne problemy związane ze stratą cząstek stałych w przewodzie przesyłającym, zapewnić reprezentatywność próbki pobranej z układu wydechowego silnika i prawidłowo określić stosunek rozdziału.

Te obszary krytyczne mają zasadnicze znaczenie dla opisywanych układów.

<sup>(1)</sup> Na rysunkach 4–12 przedstawiono wiele rodzajów układów rozcieńczania przepływu częściowego, które normalnie mogą być stosowane do badań w stanach ustalonych (badanie stacjonarne NRSC). Ponieważ jednak badania niestacjonarne narzucają dodatkowe surowe ograniczenia, jedynie te układy rozcieńczenia przepływu częściowego (rysunki 4–12), które spełniają wymagania podane w pkt 2.4 „Specyfikacje układu rozcieńczania przepływu częściowego” w dodatku 1 do załącznika 4A, są akceptowane do badań niestacjonarnych (NRTC).

Rysunek 4

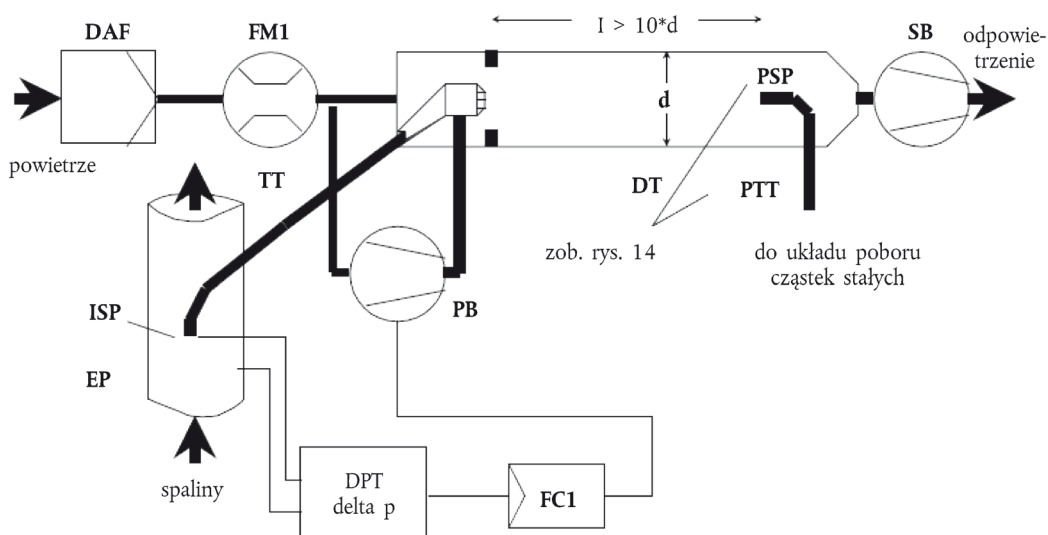
**Układ rozcieńczania przepływu częściowego z sondą izokinetyczną i pobieraniem próbek z części przepływu rozcieńczonego (regulacja dmuchawą ssącą SB)**



Nierozcieńczone spaliny są przesyłane z rury wydechowej EP do tunelu rozcieńczania DT przez sondę do izokinetycznego pobierania próbek ISP i przewód przesyłający TT. Różnica ciśnienia spalin w rurze wylotowej i na wlocie do sondy jest mierzona przetwornikiem ciśnienia DPT. Sygnał z DPT przekazywany jest do regulatora przepływu FC1, który steruje dmuchawą ssącą SB, tak aby utrzymać zerową różnicę ciśnień na końcówce sondy. W tych warunkach prędkości gazów spalinowych w EP i ISP są jednakowe, a przepływ przez ISP i TT jest stałą częścią (rozdziałem) przepływu spalin. Stosunek rozdziału jest wyznaczany z pól przekrojów poprzecznych EP i ISP. Natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego jest mierzone przepływomierzem FM1. Stosunek rozcieńczenia oblicza się z natężenia przepływu powietrza rozcieńczającego i stosunku rozdziału.

Rysunek 5

**Układ rozcieńczania przepływu częściowego z sondą izokinetyczną i pobieraniem próbek z części przepływu rozcieńczonego (regulacja dmuchawą tłoczącą PB)**

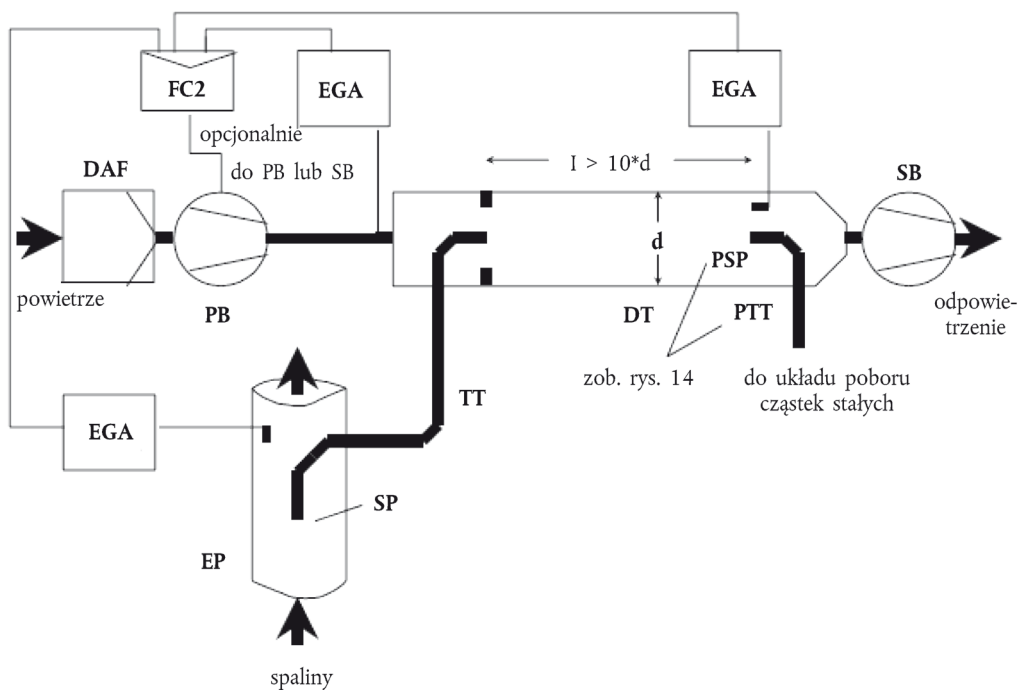


Nierozcieńczone spaliny są przesyłane z rury wydechowej EP do tunelu rozcieńczania DT przez sondę do izokinetycznego pobierania próbek ISP i przewód przesyłający TT. Różnica ciśnienia spalin w rurze wylotowej i na wlocie do sondy jest mierzona przetwornikiem ciśnienia DPT. Sygnał z DPT przekazywany jest do regulatora przepływu FC1, który steruje dmuchawą tłoczącą PB, tak aby utrzymać zerową różnicę ciśnień na końcówce sondy. Uzyskuje się to przez pobieranie niewielkiej części powietrza rozcieńczającego, którego natężenie przepływu zostało uprzednio zmierzone przepływomierzem FM1, i wprowadzenie go do TT poprzez krzyż pneumatyczną. W tych warunkach prędkości gazów spalinowych w EP i ISP są jednakowe, a przepływ przez ISP

i TT jest stałą częścią (rozdziałem) przepływu spalin. Stosunek rozdziału jest wyznaczany z pól przekrojów poprzecznych EP i ISP. Powietrze rozcieńczające zasysane jest poprzez DT przez dmuchawę ssącą SB, a natężenie przepływu mierzone jest przez FM1 na wlocie do DT. Stosunek rozcieńczenia oblicza się z natężenia przepływu powietrza rozcieńczającego i stosunku rozdziału.

Rysunek 6

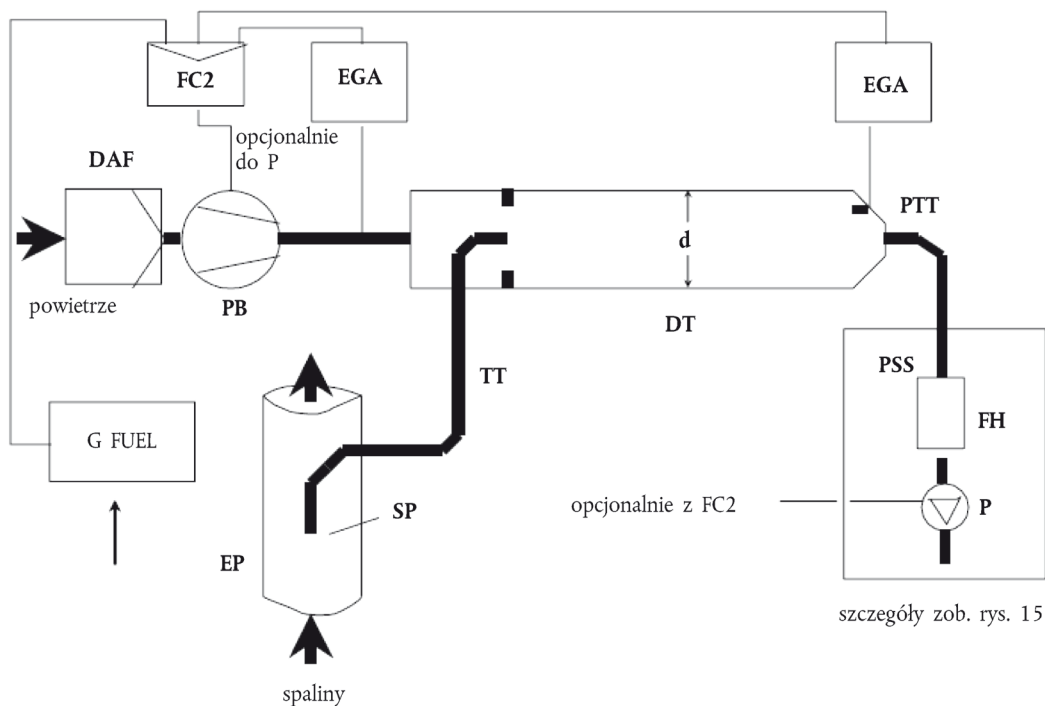
**Układ rozcieńczania przepływu częściowego z pomiarem stężenia CO<sub>2</sub> lub NO<sub>x</sub> i pobieraniem próbek z części przepływu rozcieńczonego**



Nierozcieńczone spaliny są przesyłane z rury wydechowej EP do tunelu rozcieńczania DT poprzez sondę do pobierania próbek SP i przewód przesyłający TT. Stężenia gazu znakującego (CO<sub>2</sub> lub NO<sub>x</sub>) mierzone są w nierozcieńczonych i rozcieńczonych spalinach, a także w powietrzu rozcieńczającym za pomocą analizatora(-ów) spalin EGA. Sygnały te przekazywane są do regulatora przepływu FC2, który steruje albo dmuchawą tłoczącą PB, albo dmuchawą ssącą SB, tak aby utrzymać żądany rozdział spalin i odpowiedni stosunek rozcieńczenia w DT. Stosunek rozcieńczenia obliczany jest ze stężeń gazu znakującego w spalinach nierozcieńczonych, w spalinach rozcieńczonych i w powietrzu rozcieńczającym.

Rysunek 7

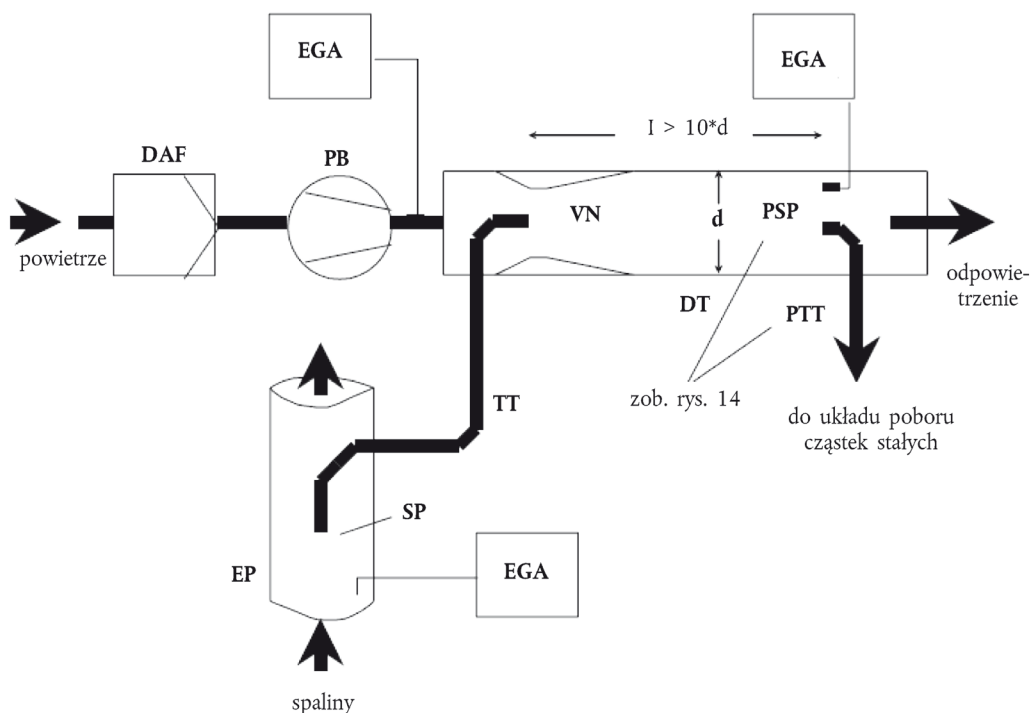
**Układ rozcieńczania przepływu częściowego z pomiarem stężenia CO<sub>2</sub>, bilansem węgla i pobieraniem próbek z całego przepływu rozcieńczonego**



Nierozcieńczone spaliny są przesyłane z rury wydechowej EP do tunelu rozcieńczania DT poprzez sondę do pobierania próbek SP i przewód przesyłający TT. Stężenia CO<sub>2</sub> mierzy się w rozcieńczonych spalinach i w powietrzu rozcieńczającym za pomocą analizatora(-ów) spalin EGA. Sygnały CO<sub>2</sub> i przepływu paliwa  $G_{FUEL}$  przesyłane są albo do regulatora przepływu FC2, albo do regulatora przepływu FC3 układu pobierania próbek cząstek stałych (rysunek 14). FC2 steruje dmuchawą tłoczącą PB, podczas gdy FC3 steruje układem pobierania próbek cząstek stałych (rysunek 14), tak ustawiając przepływy do i z układu, aby utrzymać żądany rozdział spalin i stosunek rozcieńczania w DT. Stosunek rozcieńczenia oblicza się ze stężenia CO<sub>2</sub> i  $G_{FUEL}$  przy zastosowaniu zasady bilansu węgla.

Rysunek 8

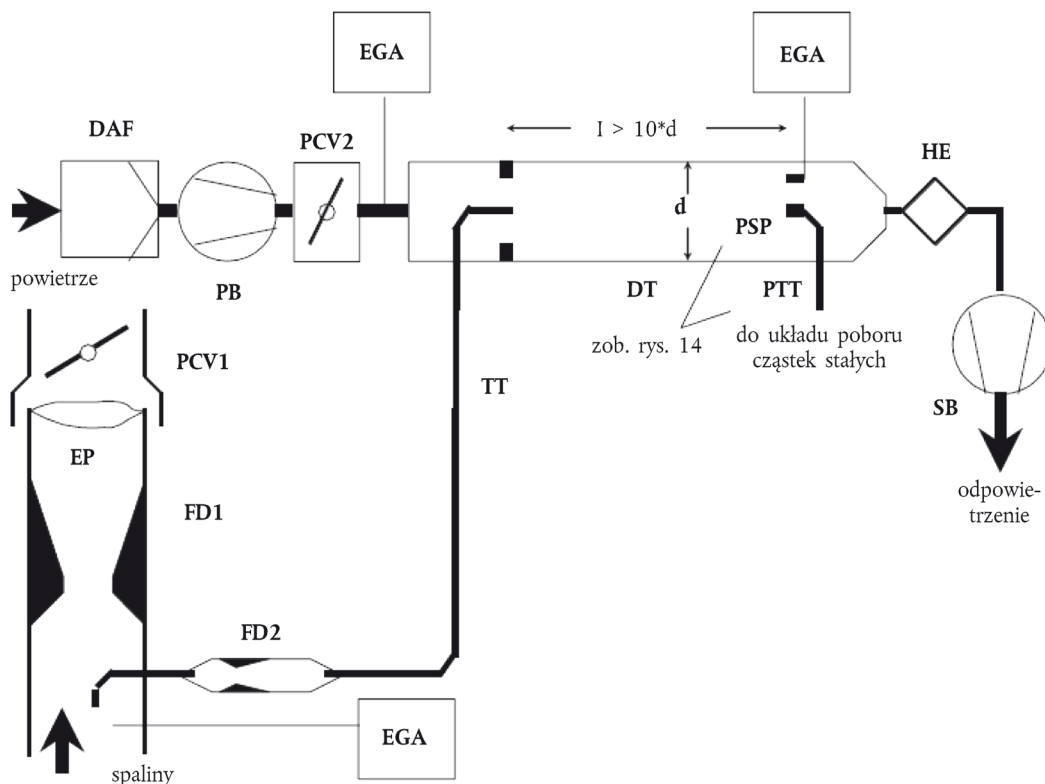
Układ rozcieńczania przepływu częściowego z pojedynczą zwężką Venturiego, pomiarem stężenia i pobieraniem próbek z części przepływu rozcieńczonego



Nierozcieńczone spaliny są przesyłane z rury wydechowej EP do tunelu rozcieńczania DT poprzez sondę do pobierania próbek SP i przewód przesyłający TT w wyniku podciśnienia wytworzonego w DT przez zwężkę Venturiego VN. Natężenie przepływu gazów przez TT zależy od wymiany pędu w strefie zwężki Venturiego i dlatego jest uzależnione od temperatury bezwzględnej gazu na wylocie z TT. W związku z tym rozdział spalin dla danego natężenia przepływu przez tunel nie jest stały, a stosunek rozcieńczania przy niskim obciążeniu jest nieco mniejszy niż przy obciążeniu wysokim. Stężenia gazów znakujących ( $\text{CO}_2$  lub  $\text{NO}_x$ ) mierzy się w nierozcieńczonych spalinach, rozcieńczonych spalinach i powietrzu rozcieńczającym za pomocą analizatora spalin EGA, a stosunek rozcieńczenia oblicza się ze zmierzonych w ten sposób wartości.

Rysunek 9

**Układ rozcieńczania przepływu częściowego z dwiema zwężkami Venturiego lub z dwiema kryzami, pomiarem stężenia i pobieraniem próbki z części przepływu rozcieńczonego**

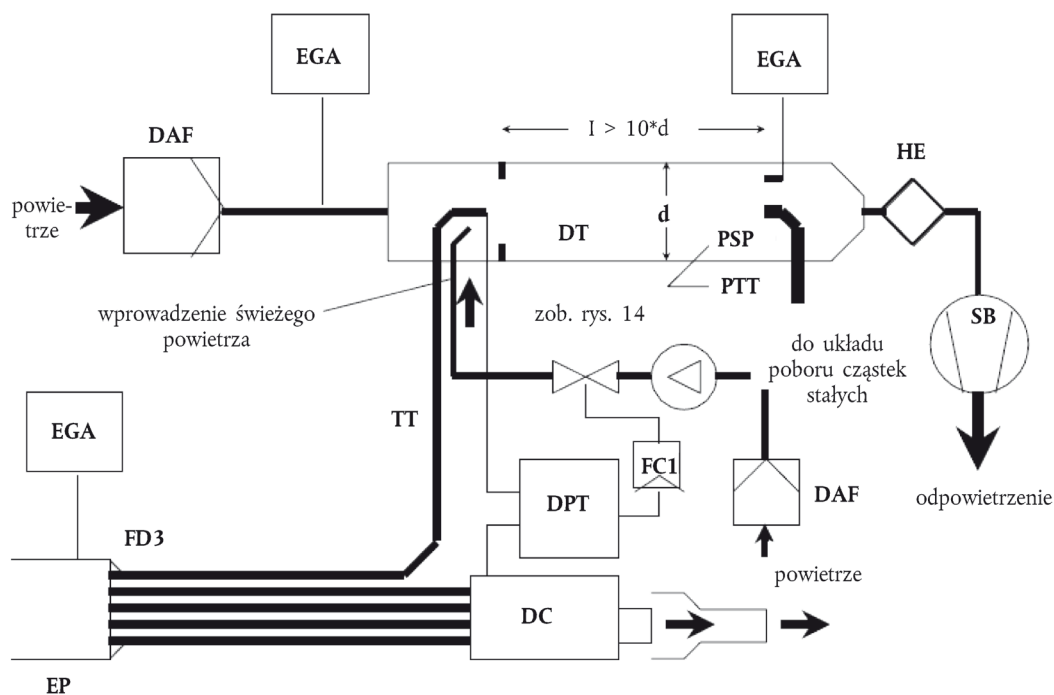


Nierozcieńczone spaliny są przesyłane z rury wydechowej EP do tunelu rozcieńczania DT poprzez sondę do pobierania próbek SP i przewód przesyłający TT oraz przez rozdzielacz przepływu, który zawiera zestaw kryz lub zwężek Venturiego. Pierwszy (FD1) znajduje się w EP, drugi (FD2) w TT. W celu utrzymania stałego rozdziału spalin przez regulację przeciwności w EP i ciśnienia w DT dodatkowo konieczne są dwa zawory regulacji ciśnienia (PCV1 i PCV2). PCV1 umieszczony jest za SP (w kierunku przepływu) w EP, PCV2 – pomiędzy dmuchawą tłoczącą PB i DT. Stężenia gazów znakujących ( $\text{CO}_2$  lub  $\text{NO}_x$ ) mierzy się w nierozcieńczonych spalinach, rozcieńczonych spalinach i powietrzu rozcieńczającym za pomocą analizatora(-ów) spalin EGA. Pomiary te są konieczne do sprawdzenia rozdziału spalin i mogą być także wykorzystane do regulacji PCV1 i PCV2 w celu precyzyjnego sterowania rozdziałem. Stosunek rozcieńczenia oblicza się ze stężeń gazów znakujących.



Rysunek 10

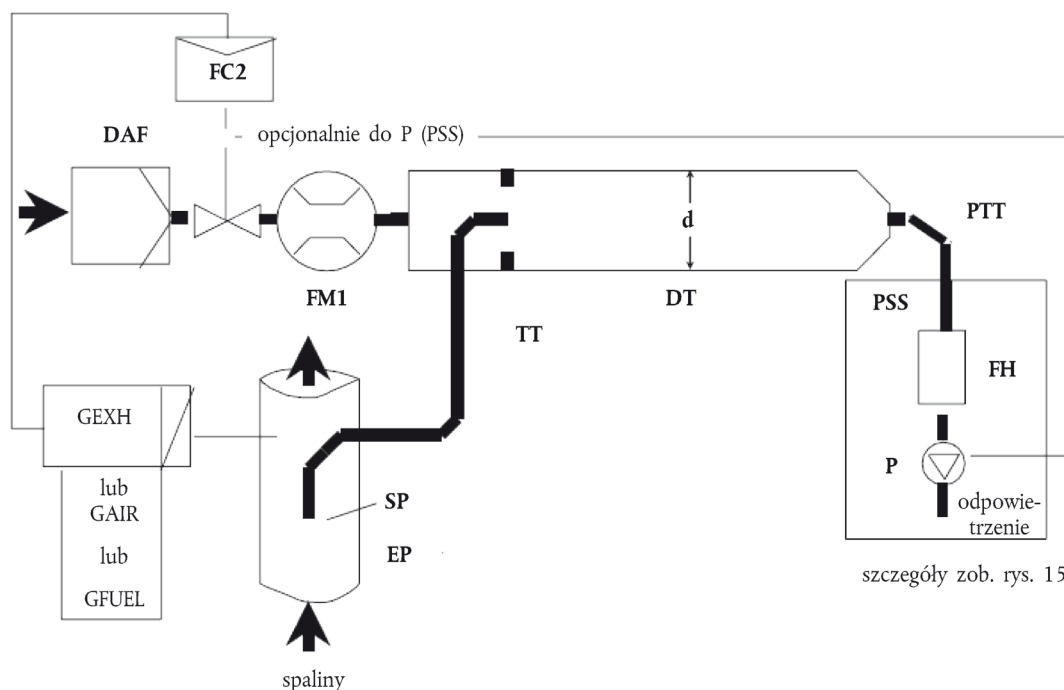
**Układ rozcieńczania przepływu częściowego z wiązką rurek rozdzielających, pomiarem stężenia i pobieraniem próbek z części przepływu rozcieńczonego**



Nierozcieńczone spaliny są przesyłane z rury wydechowej EP do tunelu rozcieńczania DT poprzez przewód przesyłający TT oraz przez rozdzielacz przepływu FD3, który składa się z kilku rurek o tych samych wymiarach (ta sama średnica, długość i promień krzywizny) zainstalowanych w EP. Jedna z tych rurek doprowadza spaliny do DT, pozostałymi przepływają one do komory tłumiącej DC. W ten sposób rozdział spalin określony jest przez całkowitą liczbę rurek. Regulacja stałego rozdziału wymaga utrzymywania zerowej różnicy ciśnienia pomiędzy DC i wylotem TT mierzonej przez różnicowy przetwornik ciśnienia DPT. Zerową różnicę ciśnień osiąga się poprzez wprowadzenie świeżego powietrza do DT przy wylocie z TT. Stężenia gazów znakujących ( $\text{CO}_2$  lub  $\text{NO}_x$ ) mierzy się w nierozcieńczonych spalinach, rozcieńczonych spalinach i powietrzu rozcieńczającym za pomocą analizatora(-ów) spalin EGA. Pomiary te konieczne są do sprawdzenia rozdziału spalin i mogą być wykorzystane do regulacji natężenia przepływu wtłakiwanego powietrza w celu precyzyjnej regulacji rozdziału. Stosunek rozcieńczenia oblicza się ze stężeń gazów znakujących.

Rysunek 11

Układ rozcieńczania przepływu częściowego z regulacją przepływu i pobieraniem próbki z całego przepływu rozcieńczonego

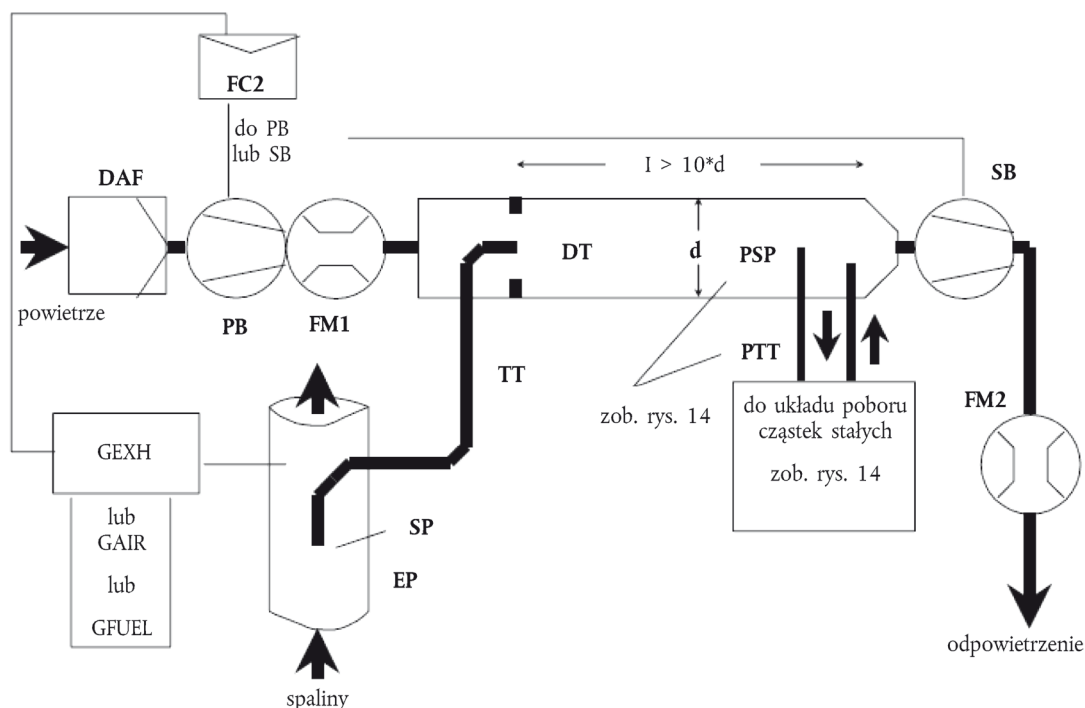


Nierozcieńczone spaliny są przesyłane z rury wydechowej EP do tunelu rozcieńczania DT poprzez sondę do pobierania próbek SP i przewód przesyłający TT. Całkowity przepływ przez tunel ustawiany jest przez regulator przepływu FC3 i pompę pobierania próbek P układu pobierania próbek cząstek stałych (rysunek 13).

Przepływ powietrza rozcieńczającego jest sterowany przez regulator przepływu FC2, który może użyć  $G_{EXH}$ ,  $G_{AIR}$  lub  $G_{FUEL}$  jako sygnałów sterujących dla uzyskania wymaganego rozdziału spalin. Przepływ próbki do DT jest różnicą pomiędzy wielkością całkowitego przepływu i przepływem powietrza rozcieńczającego. Natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego jest mierzone przez urządzenie pomiaru przepływu FM1, a całkowite natężenie przepływu — przez urządzenie pomiaru przepływu FM3 układu pobierania próbek cząstek stałych (rysunek 14). Stosunek rozcieńczenia oblicza się na podstawie wartości tych dwóch natężeń przepływu.

Rysunek 12

Układ rozcieńczania przepływu częściowego z regulacją przepływu i pobieraniem próbki z części przepływu rozcieńczonego



Nierozcieńczone spaliny są przesyłane z rury wydechowej EP do tunelu rozcieńczającego DT poprzez sondę do pobierania próbek SP i przewód przesyłający TT. Rozdział spalin i przepływ do DT jest sterowany przez regulator przepływu FC2, który reguluje przepływy (lub prędkości) odpowiednio: dmuchawy tłoczącej PB i dmuchawy ssącej SB. Jest to możliwe, ponieważ próbka pobrana z układu pobierania próbek cząstek stałych jest zawracana do DT.  $G_{EXH}$ ,  $G_{AIR}$  lub  $G_{FUEL}$  mogą być wykorzystane przez FC2 jako sygnały sterujące. Natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego mierzone jest przez urządzenie pomiaru przepływu FM1, a całkowite natężenie przepływu przez urządzenie pomiaru przepływu FM2. Stosunek rozcieńczenia oblicza się na podstawie wartości tych dwóch natężeń przepływu.

Opisy rysunków 4–12

— EP: rura wydechowa

Rura wydechowa może być izolowana. W celu redukcji bezwładności cieplnej rury wydechowej zaleca się, aby stosunek grubości ścianki do średnicy nie przekraczał wartości 0,015. Użycie giętkich odcinków należy ograniczyć tak, aby stosunek ich długości do średnicy nie przekraczał wartości 12. Krzywizny należy zminimalizować w celu ograniczenia osadzania bezwładnościowego. Jeżeli w skład układu wchodzi tłumik stanowiskowy, można go również zaizolować.

W przypadku układu izokinetycznego rura wydechowa nie może zawierać kolanków, krzywizn i nagłych zmian średnicy na długości równej co najmniej sześciu średnicom przed (w kierunku przeciwnym do przepływu) i trzem średnicom za (w kierunku przepływu) końcówką sondy do pobierania próbek. Prędkość gazu w strefie pobierania próbek musi być większa niż 10 m/s, z wyjątkiem fazy biegu jałowego. Wahań ciśnienia spalin nie mogą średnio przekraczać  $\pm 500$  Pa. Wszelkie kroki stosowane w celu zmniejszenia wahań ciśnienia, wykraczające poza zastosowanie układu wydechowego typu podwoziowego (włącznie z tłumikiem i urządzeniem do oczyszczania spalin), nie mogą zmieniać osiągnięć silnika ani powodować osadzania się cząstek stałych.

W układach bez sond izokinetycznych zaleca się stosowanie prostej rury na długości równej sześciu średnicom przed (w kierunku przeciwnym do przepływu) i trzem średnicom za (w kierunku przepływu) końcówką sondy.

— SP: sonda do pobierania próbek (rysunki 6–12)

Średnica wewnętrzna musi wynosić co najmniej 4 mm. Stosunek średnicy rury wydechowej i sondy musi wynosić co najmniej cztery. Sonda musi być otwartą rurką skierowaną powierzchnią czołową w kierunku przeciwnym do przepływu, umieszczoną w osi rury wydechowej, lub wielootworową sondą, jak opisano pod symbolem SP1 w pkt 1.1.1.

- ISP sonda izokinetyczna do pobierania próbek (rysunki 4 i 5)

Sonda izokinetyczna do pobierania próbek musi być zainstalowana powierzchnią czołową w kierunku przeciwnym do przepływu w osi rury wydechowej w miejscu, gdzie spełnione są warunki przepływu spalin w sekcji EP, i tak zaprojektowana, aby zapewniać proporcjonalny pobór próbek spalin nierozcieńczonych. Wewnętrzna średnica musi wynosić co najmniej 12 mm.

Do izokinetycznego rozdziału spalin przez utrzymywanie zerowej różnicy ciśnień pomiędzy EP i ISP niezbędny jest układ regulacji. W takich warunkach prędkość spalin w EP i w ISP jest taka sama, a masowy przepływ przez ISP jest stałym ułamkiem wartości przepływu spalin. ISP musi być podłączona do różnicowego przetwornika ciśnienia. Regulacja w celu utrzymywania zerowej różnicy ciśnienia pomiędzy EP i ISP dokonywana jest za pomocą regulatorów prędkości dmuchawy lub przepływu.

- FD1, FD2: rozdzielacz przepływu (rysunek 9)

Zestaw zwęzek Venturiego lub kryz zainstalowany jest odpowiednio w rurze wydechowej EP i w przewodzie przesyłającym TT, aby dostarczyć proporcjonalną próbkę nierozcieńczonych spalin. Układ sterujący składający się z dwóch zaworów regulacji ciśnienia PCV1 i PCV2 jest niezbędny do proporcjonalnego rozdziału poprzez regulację ciśnień w EP i DT.

- FD3: rozdzielacz przepływu (rysunek 10)

W rurze wydechowej EP jest zainstalowany zestaw rurek (pakiet rurek), aby dostarczyć proporcjonalną próbkę nierozcieńczonych spalin. Jedna z rurek doprowadza spaliny do tunelu rozcieńczania DT, podczas gdy pozostałymi rurkami spaliny przepływają do komory tłumiącej DC. Rurki muszą posiadać te same wymiary (tę samą średnicę, długość, promień krzywizny), przy czym rozdział spalin zależy od całkowitej liczby rurek. Do proporcjonalnego rozdziału potrzebny jest układ regulacyjny, utrzymujący zerową różnicę ciśnień pomiędzy wylotem zestawu rurek do DC i wylotem z TT. W tych warunkach prędkości spalin w EP i FD3 są proporcjonalne i przepływ przez TT jest stałym ułamkiem przepływu spalin. Te dwa punkty muszą być podłączone do różnicowego przetwornika ciśnienia DPT. Sterowanie utrzymywaniem zerowej różnicy ciśnienia jest realizowane przez regulator przepływu FC1.

- EGA: analizator gazów spalinowych (rysunki 6–10)

Mogą być zastosowane analizatory CO<sub>2</sub> lub NO<sub>x</sub> (w przypadku metody bilansu węgla – tylko CO<sub>2</sub>). Analizatory muszą być wzorcowane tak jak analizatory do pomiaru emisji gazowych. W celu określenia różnic stężeń może być użyty jeden lub kilka analizatorów.

Dokładność układów pomiarowych musi być taka, żeby dokładność pomiaru  $G_{EDFW, i}$  wynosiła  $\pm 4\%$ .

- TT: przewód przesyłający (rysunki 4–12)

Przewód przesyłający do pobierania próbek cząstek stałych musi:

- być możliwie krótki, ale nie dłuższy niż 5 m;
- mieć średnicę równą lub większą od średnicy sondy; jednak nie większą niż 25 mm;
- Posiadać wylot w osi tunelu rozcieńczania, skierowany w kierunku przepływu.

Jeżeli długość przewodu wynosi 1 m lub mniej, musi być on izolowany materiałem o maksymalnej przewodności cieplnej 0,05 W/(m · K), o grubości promieniowej warstwy izolacyjnej odpowiadającej średnicy sondy. W przypadku gdy przewód jest dłuższy niż 1 m, musi być izolowany i podgrzewany do minimalnej temperatury ścianki wynoszącej 523 K (250 °C).

Alternatywnie wymagana temperatura ścianki przewodu przesyłającego może być określona z wykorzystaniem standardowych obliczeń przenikania ciepła.

- DPT: różnicowy przetwornik ciśnienia (rysunki 4, 5 i 10)

Różnicowy przetwornik ciśnienia musi posiadać zakres  $\pm 500$  Pa lub mniejszy.

- FC1: regulator przepływu (rysunki 4, 5 i 10)

W układach izokinetycznych (rysunki 4 i 5) niezbędny jest regulator przepływu utrzymujący zerową różnicę ciśnień pomiędzy EP i ISP. Regulacja może być wykonana przez:

- a) ustawienie prędkości obrotowej lub przepływu dmuchawy ssącej (SB) i utrzymywanie stałej prędkości obrotowej dmuchawy tłoczącej (PB) podczas każdej fazy (rysunek 4); lub
- b) ustawienie dmuchawy ssącej (SB) na ustalony przepływ masowy rozcieńczonych spalin i regulację przepływu dmuchawy tłoczącej PB, a przez to przepływu próbki spalin w obszarze przy zakończeniu przewodu przesyłającego (TT) (rysunek 5).

W przypadku układu z regulacją ciśnieniem błąd resztkowy w pętli sterującej nie może przekraczać  $\pm 3$  Pa. Wahania ciśnienia w tunelu rozcieńczającym nie mogą przekraczać średnio  $\pm 250$  Pa.

W układzie z wiązką rurek (rysunek 10) do proporcjonalnego rozdziału spalin niezbędny jest regulator przepływu utrzymujący zerową różnicę ciśnień między wylotem z zespołu rurek i wylotem z TT. Regulacji można dokonać poprzez sterowanie natężeniem przepływu powietrza wtryskiwanego do DT przy wylocie z TT.

- PCV1, PCV2: zawór regulacji ciśnienia (rysunek 9)

W układzie z dwiema zwężkami Venturiego lub dwiema kryzami niezbędne są dwa zawory regulujące ciśnienie w celu proporcjonalnego rozdziału przepływu poprzez sterowanie przeciwcisnieniem w EP i ciśnieniem w DT. Zawory powinny być umieszczone w EP za SP (w kierunku przepływu) oraz pomiędzy PB i DT.

- DC: komora tłumiąca (rysunek 10)

W celu zminimalizowania wahań ciśnienia w rurze wydechowej EP montuje się komorę tłumiącą na wylocie z zespołu rurek.

- VN: zwężka Venturiego (rysunek 8)

Zwężkę Venturiego instaluje się w tunelu rozcieńczania DT w celu wytwarzania podciśnienia w obszarze wylotu z przewodu przesyłającego TT. Natężenie przepływu gazu przez TT jest zdeterminowane przez wymianę pędu w strefie zwężki Venturiego i jest zasadniczo proporcjonalne do natężenia przepływu dmuchawy tłoczącej PB, co prowadzi do stałego stosunku rozcieńczania. Ze względu na wpływ temperatury u wylotu z TT i różnicy ciśnień pomiędzy EP i DT na wymianę pędu rzeczywisty stosunek rozcieńczenia jest nieznacznie mniejszy przy małym obciążeniu niż przy dużym obciążeniu.

- FC2: regulator przepływu (rysunki 6, 7, 11 i 12, nieobowiązkowy)

Regulator przepływu może być użyty w celu regulacji przepływu dmuchawy tłoczącej PB lub dmuchawy ssącej SB. Może on być sprzężony z sygnałem przepływu spalin lub sygnałem przepływu paliwa lub sygnałami różnicowymi CO<sub>2</sub> lub NO<sub>x</sub>.

W przypadku zastosowania ciśnieniowego zasilania powietrzem (rysunek 11) FC2 reguluje bezpośrednio przepływ powietrza.

- FM1: urządzenie do pomiaru przepływu (rysunki 6, 7, 11 i 12)

Gazomierz lub inne przepływowe oprzyrządowanie do pomiaru przepływu powietrza rozcieńczającego. FM1 jest nieobowiązkowe, jeżeli PB jest wzorcowana do pomiaru przepływu.

- FM2: urządzenie do pomiaru przepływu (rysunek 12)

Gazomierz lub inne przepływowe oprzyrządowanie do pomiaru przepływu rozcieńczonych spalin. FM2 jest nieobowiązkowe, jeżeli SB jest wzorcowana do pomiaru przepływu.

- PB: dmuchawa tłocząca (rysunki 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 12)

W celu regulacji natężenia przepływu powietrza rozcieńczającego do regulatorów przepływu FC1 lub FC2 może być podłączona dmuchawa tłocząca PB. PB nie jest wymagana w przypadku użycia przepustnicy. PB może być stosowana do pomiaru przepływu powietrza rozcieńczającego, jeżeli jest wzorcowana.

- SB: dmuchawa ssąca (rysunki 4, 5, 6, 9, 10 i 12)

Tylko w układach pobierania próbek z części przepływu rozcieńczonego. SB może być użyta do pomiaru przepływu rozcieńczonych spalin, jeżeli jest wzorcowana.

- DAF: filtr powietrza rozcieńczającego (rysunki 4–12)

Zaleca się, aby powietrze rozcieńczające było filtrowane oraz przepuszczane przez węgiel aktywowany w celu usunięcia węglowodorów tła. Powietrze rozcieńczające musi mieć temperaturę 298 K (25 °C)  $\pm 5$  K.

Na wniosek producenta należy pobrać próbkę powietrza rozcieńczającego zgodnie z właściwą oceną techniczną w celu określenia zawartości cząstek stałych w tle, a następnie zawartość tę można odejmować od wartości zmierzonych w rozcieńczonych spalinach.

- PSP: sonda do pobierania próbek cząstek stałych (rysunki 4, 5, 6, 8, 9, 10 i 12)

Sonda jest początkową częścią PTT oraz:

- musi być umieszczona powierzchnią czołową w kierunku przeciwnym do przepływu w punkcie, w którym powietrze rozcieńczające i gazy spalinowe są dobrze wymieszane, tj. w osi tunelu rozcieńczania DT, w odległości około 10 średnic tunelu za punktem wlotu spalin (w kierunku przepływu) do tunelu rozcieńczania;
- musi mieć minimalną średnicę wewnętrzną 12 mm;
- może być podgrzewana do temperatury ścianek nie wyższej niż 325 K (52 °C) przez bezpośrednie ogrzewanie lub przez wstępne podgrzewanie powietrza rozcieńczającego, pod warunkiem że temperatura powietrza przed wprowadzeniem spalin do tunelu rozcieńczania nie przekroczy 325 K (52 °C);
- może być izolowana.

- DT: tunel rozcieńczania (rysunki 4–12)

Tunel rozcieńczania:

- musi być dostatecznie długi, aby zapewnić całkowite wymieszanie spalin i powietrza rozcieńczającego w warunkach przepływu turbulentnego;
- musi być wykonany ze stali nierdzewnej oraz w przypadku tuneli o średnicy wewnętrznej:
  - większej niż 75 mm stosunek grubości ścianki do średnicy nie może przekraczać 0,025;
  - równej 75 mm lub mniejszej nominalna grubość ścianek nie może być mniejsza niż 1,5 mm;
- musi mieć średnicę co najmniej 75 mm w przypadku pobierania próbek z części przepływu rozcieńczonego;
- dla układów z pobieraniem próbek z całego przepływu rozcieńczonego zaleca się średnicę co najmniej 25 mm;
- może być podgrzewany do temperatury ścianek nie wyższej niż 325 K (52 °C) przez bezpośrednie ogrzewanie lub przez wstępne podgrzewanie powietrza rozcieńczającego, pod warunkiem że temperatura powietrza przed wprowadzeniem spalin do tunelu rozcieńczania nie przekroczy 325 K (52 °C);
- może być izolowany.

Spaliny silnika należy dokładnie wymieszać z powietrzem rozcieńczającym. Dla układów z pobieraniem próbek z części przepływu rozcieńczonego jakość wymieszania należy sprawdzić po oddaniu do użytkowania, mierząc rozkład CO<sub>2</sub> w tunelu rozcieńczającym przy pracującym silniku (co najmniej cztery równo rozmieszczone punkty pomiarowe). W razie konieczności można zastosować kryzę mieszającą.

*Uwaga:* Jeżeli temperatura otoczenia w bezpośredniej bliskości tunelu rozcieńczania DT jest niższa od 293 K (20 °C), należy zastosować środki zapobiegawcze w celu uniknięcia strat cząstek stałych osadzających się na zimnych ściankach tunelu rozcieńczania. Dlatego zaleca się ogrzewanie lub izolację tunelu dla uzyskania temperatury w podanych wyżej granicach.

Przy dużych obciążeniach silnika tunel może być chłodzony z wykorzystaniem nieagresywnych środków, takich jak wentylator obrotowy, dopóki temperatura czynnika chłodzącego nie będzie niższa niż 293 K (20 °C).

- HE: wymiennik ciepła (rysunki 9 i 10)

Wymiennik ciepła musi mieć dostateczną wydajność, aby utrzymać temperaturę na wlocie do dmuchawy ssącej SB w zakresie średniej temperatury roboczej występującej podczas badania ±11 K.

#### 1.2.1.2. Układ rozcieńczania przepływu całkowitego (rysunek 13)

Układ rozcieńczania opisano w oparciu o rozcieńczanie całkowitego przepływu spalin przy wykorzystaniu CVS (próbki objętości stałej). Należy zmierzyć całkowitą objętość mieszaniny spalin i powietrza rozcieńczającego. Można użyć układu PDP, CFV albo SSV.

Następnie w celu wychwycenia cząstek stałych próbka rozcieńczonych spalin jest przepuszczana do układu pobierania próbek cząstek stałych (pkt 1.2.2, rysunki 14 i 15). Jeżeli wykonuje się to bezpośrednio, mówi się o rozcieńczaniu pojedynczym. Jeżeli jednak próbka jest rozcieńczana jeszcze raz w tunelu powtórnego rozcieńczania, to mówi się o rozcieńczaniu podwójnym. Jest to przydatne, jeżeli wymagana temperatura na czole filtra nie może być osiągnięta przy pojedynczym rozcieńczaniu. Mimo że jest to po części układ rozcieńczania, układ rozcieńczania podwójnego opisuje się jako odmianę układu próbkowania cząstek stałych z pkt 1.2.2 (rysunek 15), ponieważ zawiera on większość części typowego układu próbkowania cząstek stałych.

Emisje gazowe mogą być również oznaczane w tunelu rozcieńczającym układu rozcieńczania przepływu całkowitego. Dlatego sondy pobierające próbki składników gazowych są przedstawione na rysunku 13, lecz nie pojawiają się na liście opisu. Odpowiednie wymagania przedstawione są w pkt 1.1.1.

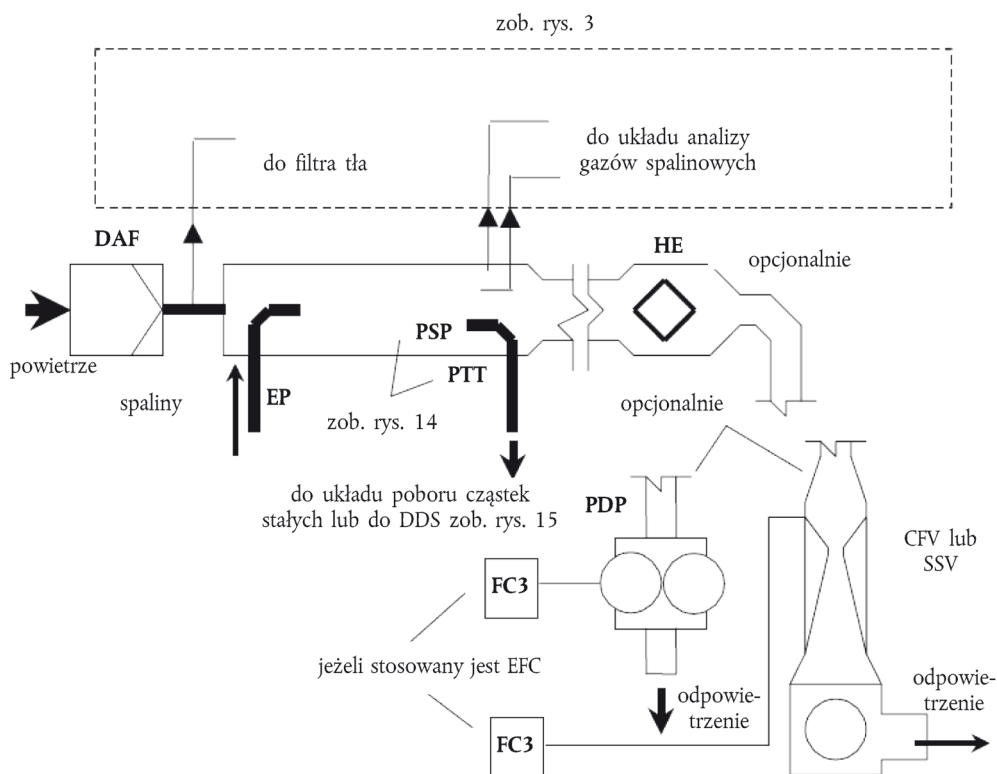
Opisy (rysunek 13)

— EP: rura wydechowa

Długość rury wydechowej od wylotu kolektora wydechowego silnika, wylotu turbosprężarki lub urządzenia do oczyszczania spalin do tunelu rozcieńczającego nie może przekraczać 10 m. Jeżeli długość układu przekracza 4 m, wówczas wszystkie przewody rurowe o długości powyżej 4 m muszą być izolowane, z wyjątkiem włączonego szeregowo dymomierza, o ile jest zastosowany. Grubość promieniowa izolacji musi wynosić co najmniej 25 mm. Wartość przewodności cieplnej materiału izolacyjnego, mierzona w temperaturze 673 K (400 °C), nie może być większa niż  $0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . W celu redukcji bezwładności cieplnej rury wydechowej zaleca się, aby stosunek grubości ścianki do średnicy nie przekraczał wartości 0,015. Użycie giętkich odcinków należy tak ograniczyć, aby stosunek ich długości do średnicy nie przekraczał wartości 12.

Rysunek 13

#### Układ rozcieńczania przepływu całkowitego



Całkowita ilość spalin nierozcieńczonych jest mieszana z powietrzem rozcieńczającym w tunelu rozcieńczania DT. Natężenie przepływu spalin rozcieńczonych mierzone jest albo za pomocą pompy wyporowej PDP, albo za pomocą zweźki Venturiego o przepływie krytycznym (CFV) lub za pomocą zweźki Venturiego o przepływie poddźwiękowym (SSV). Do proporcjonalnego pobierania próbek cząstek stałych i określenia przepływu może być użyty wymiennik ciepła HE lub elektroniczna kompensacja przepływu EFC. Ponieważ wyznaczanie masy cząstek stałych jest oparte na całkowitym przepływie spalin rozcieńczonych, nie jest wymagane obliczanie stosunku rozcieńczania.

— PDP: pompa wporowa

PDP mierzy całkowity przepływ rozcieńczonych spalin na podstawie liczby obrotów pompy i jej objętości wporowej. Przeciwnieciwienie w układzie wydechowym nie może być sztucznie obniżane przez PDP lub układ dolotowy powietrza rozcieńczającego. Statyczne przeciwnieciwienie spalin mierzone przy działającym układzie CVS nie może się różnić o więcej niż  $\pm 1,5$  kPa od ciśnienia statycznego mierzonego bez podłączenia do CVS przy jednakowych: prędkości obrotowej i obciążeniu silnika.

Temperatura mieszaniny gazów bezpośrednio przed PDP nie może się różnić o więcej niż  $\pm 6$  K od średniej temperatury roboczej stwierdzonej podczas badania, gdy nie zastosowano kompensacji przepływu.

Kompensację przepływu można stosować tylko w przypadku gdy temperatura na wlocie do PDP nie przekracza  $50$  °C (323 K).

— CFV: zwężka Venturiego o przepływie krytycznym

CFV mierzy całkowity przepływ rozcieńczonych spalin przez utrzymywanie przepływu w warunkach zdławionych (przepływ krytyczny). Statyczne przeciwnieciwienie spalin mierzone przy działającym układzie CFV nie może się różnić o więcej niż  $\pm 1,5$  kPa od ciśnienia statycznego mierzonego bez podłączenia do CFV przy jednakowych: prędkości obrotowej i obciążeniu silnika. Temperatura mieszaniny gazów bezpośrednio przed CFV nie może się różnić o więcej niż  $\pm 11$  K od średniej temperatury roboczej stwierdzonej podczas badania, gdy nie zastosowano kompensacji przepływu.

— SSV: zwężka Venturiego o przepływie poddźwiękowym

SSV mierzy całkowity przepływ spalin rozcieńczonych jako funkcję ciśnienia wlotowego, temperatury na wlocie i spadku ciśnienia między wlotem a gardzielą SSV. Statyczne przeciwnieciwienie spalin mierzone przy działającej SSV nie może się różnić o więcej niż  $\pm 1,5$  kPa od ciśnienia statycznego mierzonego bez podłączenia do SSV przy jednakowych: prędkości obrotowej i obciążeniu silnika. Temperatura mieszaniny gazów bezpośrednio przed SSV nie może się różnić o więcej niż  $\pm 11$  K od średniej temperatury roboczej stwierdzonej podczas badania, gdy nie zastosowano kompensacji przepływu.

— HE: wymiennik ciepła (nieobowiązujący, jeżeli stosowana jest EFC)

Wydajność wymiennika ciepła musi być wystarczająca do utrzymania temperatury w żądanych granicach, podanych powyżej.

— EFC: elektroniczna kompensacja przepływu (nieobowiązująca, jeżeli zastosowano HE)

Jeżeli temperatura na wlocie do PDP, CFV albo SSV nie jest utrzymywana w granicach podanych powyżej, wymagane jest zastosowanie układu kompensacji przepływu do ciągłego pomiaru natężenia przepływu i utrzymywania proporcjonalnego pobierania próbek w układzie cząstek stałych. W tym celu używa się sygnałów ciągłego pomiaru natężenia przepływu, aby korygować odpowiednio natężenie przepływu próbki przez filtry cząstek stałych w układzie pobierania próbek cząstek stałych (rysunki 14 i 15).

— DT: tunel rozcieńczania

Tunel rozcieńczania:

— musi mieć średnicę wystarczająco małą do wywołania przepływu turbulentnego (liczba Reynoldsa większa niż 4 000) i wystarczającą długość, aby spowodować całkowite wymieszanie spalin i powietrza rozcieńczającego. Dopuszcza się użycie kryzy mieszającej;

— musi mieć średnicę co najmniej 75 mm;

— może być izolowany.

Spaliny z silnika muszą być skierowane w kierunku przepływu w punkcie ich wlotu do tunelu rozcieńczania i dokładnie wymieszane.

Gdy zastosowano pojedyncze rozcieńczanie, próbka z tunelu rozcieńczania jest doprowadzana do układu pobierającego próbki cząstek stałych (pkt 1.2.2, rysunek 14). Przepustowość PDP, CFV lub SSV musi być wystarczająca, aby utrzymać rozcieńczone spaliny w temperaturze 325 K (52 °C) lub mniejszej bezpośrednio przed filtrem pierwotnym cząstek stałych.



Gdy zastosowano podwójne rozcieńczanie, próbka z tunelu rozcieńczania jest doprowadzana do tunelu wtórnego rozcieńczania, gdzie jest jeszcze raz rozcieńczana, a następnie przepływa przez filtry do pobierania próbek (pkt 1.2.2, rysunek 15). Przepustowość PDP, CFV lub SSV musi być wystarczająca, aby utrzymać strumień rozcieńczonych spalin w DT w temperaturze 464 K (191 °C) lub mniejszej w strefie poboru próbki. Wtórny układ rozcieńczający musi zapewnić wystarczającą ilość powietrza do wtórnego rozcieńczania, tak aby podwójnie rozcieńczony strumień gazów wylotowych utrzymać w temperaturze 325 K (52 °C) lub mniejszej, bezpośrednio przed filtrem pierwotnym cząstek stałych.

— DAF: filtr powietrza rozcieńczającego

Zaleca się, aby powietrze rozcieńczające było filtrowane oraz przepuszczane przez węgiel aktywowany w celu usunięcia węglowodorów tła. Powietrze rozcieńczające musi mieć temperaturę 298 K (25 °C)  $\pm$  5 K. Na wniosek producenta należy pobrać próbkę powietrza rozcieńczającego zgodnie z właściwą oceną techniczną w celu określenia zawartości cząstek stałych w tle, a następnie zawartość tę można odejmować od wartości zmierzonych w rozcieńczonych spalinach.

— PSP: sonda do pobierania próbek cząstek stałych

Sonda jest początkową częścią PTT oraz:

— musi być umieszczona powierzchnią czołową w kierunku przeciwnym do przepływu w punkcie, w którym powietrze rozcieńczające i gazy spalinowe są dobrze wymieszane, tj. w osi tunelu rozcieńczania DT, w odległości około 10 średnic tunelu za punktem wlotu spalin (w kierunku przepływu) do tunelu rozcieńczania;

— musi mieć minimalną średnicę wewnętrzną 12 mm;

— może być podgrzewana do temperatury ścianek nie wyższej niż 325 K (52 °C) przez bezpośrednie ogrzewanie lub przez wstępne podgrzewanie powietrza rozcieńczającego, pod warunkiem że temperatura powietrza przed wprowadzeniem spalin do tunelu rozcieńczania nie przekroczy 325 K (52 °C);

— może być izolowana.

#### 1.2.2. Układ pobierania próbek cząstek stałych (rysunki 14 i 15)

Do pobierania cząstek stałych na filtrze cząstek stałych niezbędny jest układ pobierania próbek cząstek stałych. W przypadku układu rozcieńczania przepływu częściowego z pobieraniem próbek z całego przepływu rozcieńczonego, który polega na przepuszczeniu przez filtry całej próbki rozcieńczonych spalin, układ rozcieńczania (pkt 1.2.1.1, rysunki 7 i 11) i pobierania próbek zazwyczaj stanowią jeden nierozdzielny zespół. W przypadku pobierania próbek z części przepływu rozcieńczonego w układzie rozcieńczania przepływu częściowego lub w przypadku układu rozcieńczania przepływu całkowitego, gdzie przez filtry przepuszcza się tylko część rozcieńczonych spalin, układ rozcieńczania (pkt 1.2.1.1, rysunki 4, 5, 6, 8, 9, 10 i 12 oraz pkt 1.2.1.2., rysunek 13) i układ pobierania próbek zazwyczaj stanowią oddzielne zespoły.

W niniejszym regulaminie uznano układ podwójnego rozcieńczania DDS (rysunek 15) w układzie rozcieńczania przepływu całkowitego za szczególną modyfikację typowego układu pobierania próbek cząstek stałych przedstawionego na rysunku 14. Układ podwójnego rozcieńczania zawiera wszystkie ważne elementy układu pobierania próbek cząstek stałych, takie jak obsadki filtrów i pompy do pobierania próbek i dodatkowo również kilka elementów do rozcieńczania, w szczególności zasilanie powietrzem rozcieńczającym tunel wtórnego rozcieńczania.

Aby uniknąć jakiegokolwiek oddziaływania na pętlę sterowania, zaleca się, aby pompa do pobierania próbek pracowała podczas realizacji całej procedury badania. W metodzie jednofiltrowej stosuje się układ bocznikowy do przepuszczenia próbki przez filtry do pobierania próbek w pożądanym przedziale czasu. Należy zminimalizować wpływ procedury przełączania na pętlę sterowania.

Opisy – rysunki 14 i 15

— PSP: sonda do pobierania próbek cząstek stałych (rysunki 14 i 15)

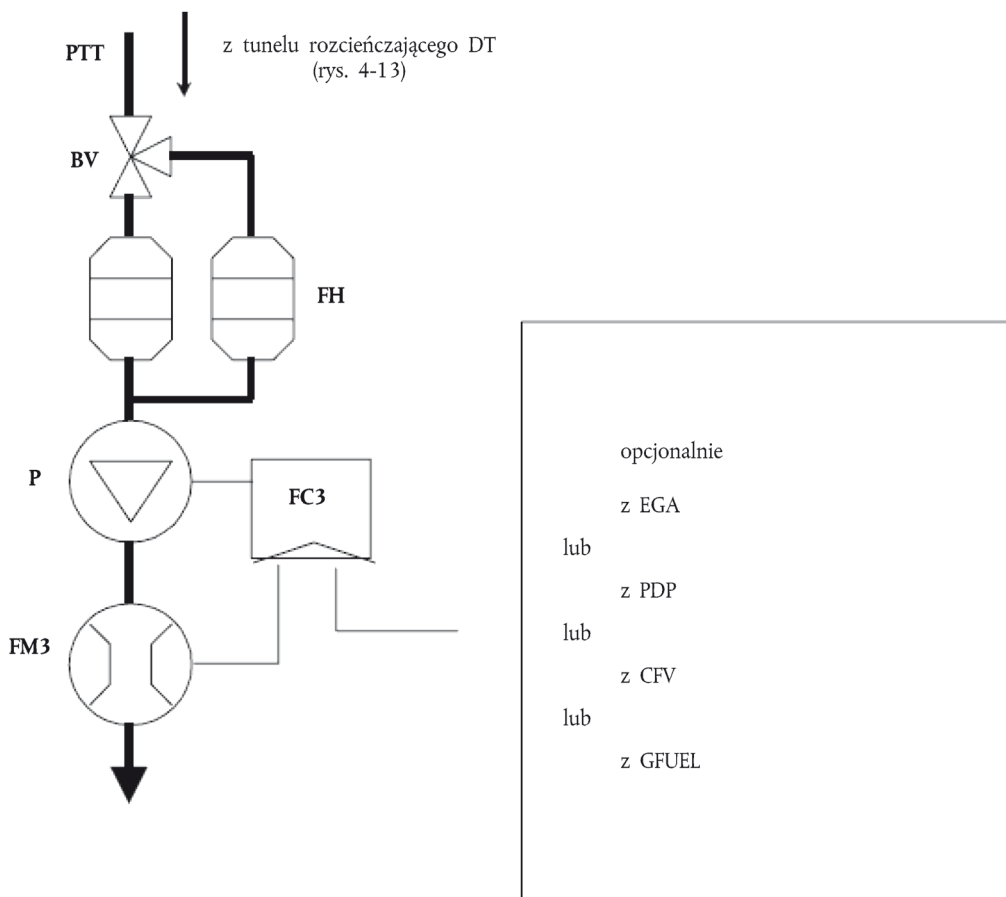
Sonda do pobierania próbek cząstek stałych przedstawiona na rysunkach jest początkowym elementem przewodu przesyłającego cząstki stałe PTT. Taka sonda:

— musi być umieszczona powierzchnią czołową w kierunku przeciwnym do przepływu w punkcie, w którym powietrze rozcieńczające i gazy spalinowe są dobrze wymieszane, tj. w osi tunelu rozcieńczania DT (pkt 1.2.1), w odległości około 10 średnic tunelu za punktem wlotu spalin (w kierunku przepływu) do tunelu rozcieńczania;

- musi mieć minimalną średnicę wewnętrzną 12 mm;
- może być podgrzewana do temperatury ścianek nie wyższej niż 325 K (52 °C) przez bezpośrednie ogrzewanie lub przez wstępne podgrzewanie powietrza rozcieńczającego, pod warunkiem że temperatura powietrza przed wprowadzeniem spalin do tunelu rozcieńczania nie przekroczy 325 K (52 °C);
- może być izolowana.

Rysunek 14

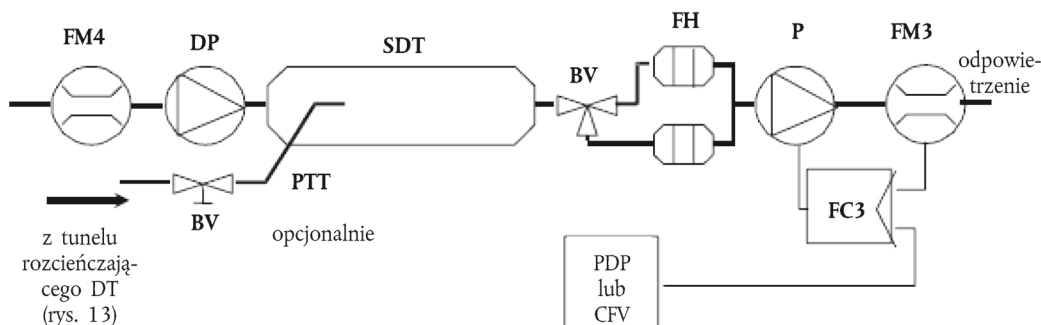
## Układ próbkowania cząstek stałych



Próbka rozcieńczonych spalin jest pobierana za pomocą pompy do pobierania próbek P z tunelu rozcieńczania DT układu rozcieńczania przepływu częściowego lub przepływu całkowitego przez sondę pobierającą próbki cząstek stałych PSP i przewód PTT przesyłający cząstki stałe. Następnie próbka jest przepuszczana przez osadkę(-i) filtra FH, która(-e) zawiera(ją) filtry do pobierania próbek cząstek stałych. Natężenie przepływu próbki jest regulowane przez regulator przepływu FC3. Jeżeli stosowana jest elektroniczna kompensacja przepływu EFC (zob. rysunek 13), to przepływ rozcieńczonych spalin jest wykorzystywany jako sygnał sterujący dla FC3.

Rysunek 15

## Układ rozcieńczania (tylko układ rozcieńczania przepływu całkowitego)



Próbka rozcieńczonych spalin z tunelu rozcieńczania DT układu rozcieńczania przepływu całkowitego przesyłana jest, przez sondę pobierającą próbki cząstek stałych PSP i przewód PTT przesyłający cząstki stałe, do tunelu wtórnego rozcieńczania SDT, gdzie jest ponownie rozcieńczana. Następnie próbka przepływa przez obsadkę(-i) filtrów FH zawierającą(-e) filtry do pobierania próbek cząstek stałych. Natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego jest zazwyczaj stałe, natomiast natężenie przepływu próbki jest regulowane przez regulator przepływu FC3. Jeżeli zastosowano elektroniczną kompensację przepływu EFC (rysunek 13), jako sygnał sterujący dla FC3 wykorzystywany jest przepływ całkowity rozcieńczonych spalin.

- PTT: przewód przesyłający cząstki stałe (rysunki 14 i 15)

Przewód przesyłający cząstki stałe nie może być dłuższy niż 1 020 mm, a jego długość musi być w miarę możliwości zminimalizowana.

Wymiary obowiązują dla:

- układu rozcieńczania przepływu częściowego z pobieraniem próbek z części przepływu rozcieńczonego i dla układu pojedynczego rozcieńczania przepływu całkowitego – od końcówki sondy do obsadki filtra;
- układu rozcieńczania przepływu częściowego z pobieraniem próbek z całego przepływu rozcieńczonego – od końca tunelu rozcieńczającego do obsadki filtra;
- układu podwójnego rozcieńczania przepływu całkowitego — od końcówki sondy do tunelu wtórnego rozcieńczania.

Przewód przesyłający może być:

- może być podgrzewany do temperatury ścianek nie wyższej niż 325 K (52 °C) przez bezpośrednie ogrzewanie lub przez wstępne podgrzewanie powietrza rozcieńczającego, pod warunkiem że temperatura powietrza przed wprowadzeniem spalin do tunelu rozcieńczania nie przekroczy 325 K (52 °C);
- może być izolowany.

- SDT: tunel wtórnego rozcieńczania (rysunek 15)

Tunel wtórnego rozcieńczania powinien mieć średnicę wewnętrzną wynoszącą co najmniej 75 mm i długość wystarczającą do zapewnienia czasu przebywania próbki podwójnie rozcieńczonej przez co najmniej 0,25 sekundy. Obsadka filtra pierwotnego FH musi być usytuowana w odległości nie większej niż 300 mm od wylotu z SDT.

Tunel wtórnego rozcieńczania może być:

- może być podgrzewany do temperatury ścianek nie wyższej niż 325 K (52 °C) przez bezpośrednie ogrzewanie lub przez wstępne podgrzewanie powietrza rozcieńczającego, pod warunkiem że temperatura powietrza przed wprowadzeniem spalin do tunelu rozcieńczania nie przekroczy 325 K (52 °C);
- może być izolowany.

- FH: obsadka(-i) filtra (rysunki 14 i 15)

Dla filtrów pierwotnego i wtórnego może być stosowana wspólna obudowa lub oddzielne obudowy. Muszą być spełnione wymagania pkt 1.5.1.3 dodatku 1 do załącznika 4A.

Obsadka filtra może być:

- może być podgrzewana do temperatury ścianki nie wyższej niż 325 K (52 °C) przez podgrzewanie bezpośrednie lub poprzez wstępne podgrzanie powietrza rozcieńczającego, pod warunkiem że temperatura powietrza nie przekroczy 325 K (52 °C);
  - może być izolowana.
- P: pompa do pobierania próbek (rysunki 14 i 15)
- Pompa do pobierania próbek cząstek stałych musi być umieszczona w dostatecznej odległości od tunelu, tak aby utrzymać stałą temperaturę gazu na dolocie ( $\pm 3$  K), jeżeli nie jest stosowana korekcja przepływu przy pomocy FC3.
- DP: pompa powietrza rozcieńczającego (rysunek 15) (tylko dla podwójnego rozcieńczania przepływu całkowitego)
- Pompę powietrza rozcieńczającego umieszcza się w taki sposób, aby temperatura wlotowa powietrza do rozcieńczania wtórnego wynosiła 298 K (25 °C)  $\pm 5$  K.
- FC3: regulator przepływu (rysunki 14 i 15)
- Regulator przepływu należy stosować do skompensowania wpływu wahań temperatury i przeciwności na drodze przesyłania próbki na natężenie przepływu próbki cząstek stałych, jeżeli inne środki są niedostępne. Wymagane jest zastosowanie regulatora przepływu w przypadku stosowania elektronicznej kompensacji przepływu EFC (rysunek 13).
- FM3: urządzenie do pomiaru przepływu (rysunki 14 i 15) (przepływ próbki cząstek stałych)
- Gazomierz lub oprzyrządowanie do pomiaru przepływu muszą być usytuowane w odpowiedniej odległości od pompy do pobierania próbek, tak aby utrzymywała się stała temperatura wlotowa gazu ( $\pm 3$  K), jeżeli nie jest stosowana korekcja przepływu przy pomocy FC3.
- FM4: urządzenie do pomiaru przepływu (rysunek 15) (powietrze rozcieńczające, tylko przy podwójnym rozcieńczaniu przepływu całkowitego).
- Gazomierz lub oprzyrządowanie do pomiaru przepływu muszą być tak usytuowane, aby utrzymywała się temperatura wlotowa gazu wynosząca 298 K (25 °C)  $\pm 5$  K.
- BV: zawór kulowy (nieobowiązkowy)
- Zawór kulowy musi mieć średnicę wewnętrzną nie mniejszą niż wewnętrzna średnica przewodu pobierającego próbki, a czas jego przełączania musi być krótszy niż 0,5 sekundy.
- Uwaga:* Jeżeli temperatura otoczenia w pobliżu PSP, PTT, SDT i FH wynosi poniżej 239 K (20 °C), należy zastosować środki ostrożności, aby uniknąć strat cząstek stałych osadzających się na chłodnych ściankach tych części. Dlatego zaleca się podgrzewanie lub izolowanie tych części w granicach podanych w odpowiednich opisach. Zaleca się także, aby temperatura czoła filtra podczas pobierania próbki nie była mniejsza niż 293 K (20 °C).
- Przy dużych obciążeniach silnika powyższe części mogą być chłodzone przy użyciu nieagresywnych środków, takich jak wentylator obrotowy, dopóki temperatura czynnika chłodzącego nie spadnie poniżej 293 K (20 °C).
-

## ZAŁĄCZNIK 4B

**Procedura badawcza dla silników z zapłonem samoczynnym przeznaczonych do montażu w ciągnikach rolniczych i leśnych oraz w niedrogowych maszynach ruchomych w zakresie emisji zanieczyszczeń przez silnik**

1. ZASTRZEŻONE
2. ZASTRZEŻONE
3. DEFINICJE, SYMBOLE I SKRÓTY
- 3.1. Definicje  
Zob. pkt 2.1 niniejszego regulaminu.
- 3.2. Symbole ogólne <sup>(1)</sup>

| Symbol            | Jednostka          | Pojęcie  |
|-------------------|--------------------|--|
| $a_0$             | —                  | Rzędna punktu przecięcia linii regresji z osią y   |
| $a_1$             | —                  | Nachylenie linii regresji  |
| $\alpha_{sp}$     | rad/s <sup>2</sup> | Pochodna prędkości obrotowej silnika w ustalonym punkcie   |
| A/F <sub>st</sub> | —                  | Stosunek stechiometryczny powietrza do paliwa  |
| c                 | ppm, % obj.        | Stężenie (także w $\mu\text{NP} = \text{ppm}$ )  |
| D                 | —                  | Współczynnik rozcieńczenia   |
| d                 | m                  | Średnica   |
| E                 | %                  | Sprawność konwersji  |
| e                 | g/kWh              | Emisje jednostkowe   |
| $e_{gas}$         | g/kWh              | Jednostkowa emisja składników gazowych   |
| $e_{PM}$          | g/kWh              | Jednostkowa emisja cząstek stałych   |
| $e_w$             | g/kWh              | Ważona emisja jednostkowa  |
| F                 |                    | Dane statystyczne badania F  |
| F                 | —                  | Częstotliwość regeneracji wyrażona jako ułamek liczby badań, podczas których zachodzi regeneracja. |
| $f_a$             | —                  | Współczynnik atmosferyczny laboratorium  |
| $k_r$             | —                  | Współczynnik mnożnikowy regeneracji  |
| $k_{Dr}$          | —                  | Współczynnik poprawkowy w dół  |
| $k_{Ur}$          | —                  | Współczynnik poprawkowy w górę   |
| $\lambda$         | —                  | Stosunek powietrza nadmiarowego  |
| L                 | —                  | % momentu obrotowego   |
| $M_a$             | g/mol              | Masa molowa powietrza dolotowego   |
| $M_e$             | g/mol              | Masa molowa spalin   |

<sup>(1)</sup> Poszczególne symbole zostały przedstawione w załącznikach.

| Symbol            | Jednostka         | Pojęcie   |
|-------------------|-------------------|---|
| $M_{\text{gas}}$  | g/mol             | Masa molowa składników gazowych   |
| $m$               | kg                | Masa  |
| $m_{\text{gas}}$  | g                 | Masa emisji gazowych w cyklu badawczym  |
| $m_{\text{PM}}$   | g                 | Masa emisji cząstek stałych w cyklu badawczym   |
| $n$               | min <sup>-1</sup> | Prędkość obrotowa silnika   |
| $n_{\text{hi}}$   | min <sup>-1</sup> | Wysoka prędkość obrotowa silnika  |
| $n_{\text{lo}}$   | min <sup>-1</sup> | Niska prędkość obrotowa silnika   |
| $P$               | kW                | Moc   |
| $P_{\text{max}}$  | kW                | Maksymalna zaobserwowana lub zadeklarowana moc dla badawczej prędkości obrotowej w warunkach badania (określona przez producenta) |
| $P_{\text{AUX}}$  | kW                | Deklarowana całkowita moc pobierana przez urządzenia pomocnicze zamontowane do badania  |
| $p$               | kPa               | Ciśnienie   |
| $p_{\text{a}}$    | kPa               | Ciśnienie atmosferyczne powietrza suchego   |
| $PF$              | %                 | Współczynnik przenikania  |
| $q_{\text{maw}}$  | kg/s              | Masowe natężenie przepływu powietrza dolotowego w stanie mokrym   |
| $q_{\text{mdw}}$  | kg/s              | Masowe natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego w stanie mokrym   |
| $q_{\text{mdew}}$ | kg/s              | Masowe natężenie przepływu rozcieńczonych spalin w stanie mokrym  |
| $q_{\text{mew}}$  | kg/s              | Masowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym   |
| $q_{\text{mf}}$   | kg/s              | Masowe natężenie przepływu paliwa   |
| $q_{\text{mp}}$   | kg/s              | Natężenie przepływu próbek spalin do układu rozcieńczania przepływu częściowego   |
| $q_V$             | m <sup>3</sup> /s | Objęściowe natężenie przepływu  |
| $R_f$             | —                 | Współczynnik odpowiedzi   |
| $r_d$             | —                 | Stosunek rozcieńczenia  |
| $r^2$             | —                 | Współczynnik determinacji   |
| $\rho$            | kg/m <sup>3</sup> | Gęstość   |
| $\sigma$          | —                 | Odchylenie standardowe  |
| $S$               | kW                | Ustawienie hamulca dynamometrycznego  |
| $SEE$             | —                 | Błąd standardowy szacunku (SEE) $y$ względem $x$  |
| $T$               | °C                | Temperatura   |
| $T_{\text{a}}$    | K                 | Temperatura bezwzględna   |
| $T$               | N·m               | Moment obrotowy silnika   |
| $T_{\text{sp}}$   | N·m               | Wymagany moment obrotowy w punkcie ustalonym „sp”   |
| $u$               | —                 | Stosunek między gęstością składnika gazowego a gęstością gazów spalinowych  |

| Symbol     | Jednostka | Pojęcie   |
|------------|-----------|---|
| $t$        | s         | Czas  |
| $\Delta t$ | s         | Przedział czasowy   |
| $t_{10}$   | s         | Czas między skokowym sygnałem wejściowym a 10 % odczytu końcowego |
| $t_{50}$   | s         | Czas między skokowym sygnałem wejściowym a 50 % odczytu końcowego |
| $t_{90}$   | s         | Czas między skokowym sygnałem wejściowym a 90 % odczytu końcowego |
| $V$        | $m^3$     | Objętość  |
| $W$        | kWh       | Praca   |
| $y$        |           | Zmienna ogólna  |
| $\bar{y}$  |           | Średnia arytmetyczna  |

## 3.3. Indeksy dolne

|        |  |
|--------|--|
| abs    | Wielkość bezwzględna                         |
| act    | Wielkość rzeczywista                         |
| air    | Wielkość dotycząca powietrza                 |
| amb    | Wielkość dotycząca warunków otoczenia        |
| atm    | Wielkość atmosferyczna                       |
| cor    | Wielkość skorygowana                         |
| CFV    | Zwężka Venturiego o przepływie krytycznym    |
| denorm | Wielkość zdenormalizowana                    |
| dry    | Wielkość w stanie suchym                     |
| exp    | Wielkość oczekiwana                          |
| filter | Filtr do pobierania próbek cząstek stałych   |
| i      | Pomiar chwilowy (np. 1 Hz)                   |
| i      | Poszczególne wielkości z szeregu             |
| idle   | Stan dla obrotów biegu jałowego              |
| in     | Wielkość na wejściu                          |
| leak   | Wielkość przecieku                           |
| max    | Wartość maksymalna (szczytowa)               |
| meas   | Wielkość mierzona                            |
| min    | Wartość minimalna                            |
| mix    | Masa molowa powietrza                        |
| out    | Wielkość na wyjściu                          |
| PDP    | Pompa wyporowa                               |
| ref    | Wielkość odniesienia                         |
| SSV    | Zwężka Venturiego o przepływie poddźwiękowym |
| total  | Wielkość całkowita                           |
| uncor  | Wielkość nieskorygowana                      |
| vac    | Wielkość dla podciśnienia                    |
| weight | Odważnik wzorcowy                            |
| wet    | Wielkość w stanie mokrym                     |

3.4. Symbole i skróty składników chemicznych (stosowane także jako indeks dolny)  
Zob. pkt 2.2.2 niniejszego regulaminu.

3.5. Skróty  
Zob. pkt 2.2.3 niniejszego regulaminu.

#### 4. WYMAGANIA OGÓLNE

Układ silnika musi być tak zaprojektowany, zbudowany i zmontowany, aby umożliwić spełnienie przez silnik przepisów niniejszego regulaminu. Środki techniczne stosowane przez producenta muszą zapewniać skuteczne ograniczanie emisji ww. zanieczyszczeń, zgodnie z przepisami niniejszego regulaminu, przez cały okres trwałości użytecznej silnika oraz w normalnych warunkach jego użytkowania. W tym celu silniki w badaniach prowadzonych zgodnie z warunkami badawczymi określonymi w pkt 6 i procedurą badawczą określoną w pkt 7 muszą spełniać wymagania eksploatacyjne określone w pkt 5.

#### 5. WYMAGANIA EKSPLOATACYJNE

5.1. Wymagania ogólne

5.1.1. Zastrzeżenia <sup>(1)</sup>

5.1.2. Emisje zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych

Zanieczyszczenia reprezentowane są przez:

- a) tlenki azotu, NO<sub>x</sub>;
- b) węglowodory, które mogą być wyrażone następująco:
  - (i) całkowita zawartość węglowodorów, HC lub THC;
  - (ii) węglowodory niemetanowe, NMCH.
- c) cząstki stałe, PM;
- d) tlenek węgla, CO.

Zmierzone wartości emitowanych przez silnik zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych odnoszą się do emisji jednostkowych wyrażonych w gramach na kilowatogodzinę (g/kWh). Inne układy jednostek mogą być stosowane przy odpowiedniej konwersji.

Emisje oznacza się w cyklach pracy (stacjonarnych lub niestacjonarnych), jak opisano w pkt 7. Układy pomiarowe muszą spełniać wymagania w zakresie wzorcowania i działania określone w pkt 8, mierzone za pomocą przyrządów pomiarowych określonych w pkt 9.

Organ udzielający homologacji typu może zatwierdzić inne układy lub analizatory, jeżeli okaże się, że dają one równoważne wyniki w rozumieniu pkt 5.1.3.

5.1.3. Równoważność

Określenie równoważności układu opiera się na analizie korelacji siedmiu par próbek (lub większej ich liczby) między danym układem a jednym z układów opisanych w niniejszym załączniku.

„Wyniki” odnoszą się do wartości ważonych emisji dla danego cyklu. Badanie korelacji wykonuje się w tym samym laboratorium, na tej samej hamowni oraz na tym samym silniku i zaleca się jego równoczesne przeprowadzenie. Równoważność średnich wyników par próbek należy ustalić przy pomocy statystyk badań *F* i badań *t*, zgodnie z opisem w dodatku A.2 do załącznika 4B, uzyskanych w takich warunkach dotyczących laboratorium, hamowni i silnika, jak opisano powyżej. Wartości oddalone należy ustalić zgodnie z ISO 5725 i wyłączyć z bazy danych. Układy wykorzystywane do przeprowadzania badań korelacji muszą być zatwierdzone przez organ udzielający homologacji typu.

<sup>(1)</sup> Numeracja niniejszego załącznika jest zgodna z numeracją ogólnosiwiatowego przepisu technicznego nr 11 dot. NRMM (niedrogowych maszyn ruchomych). Niektóre punkty tego przepisu nie są jednak niezbędne do celów niniejszego załącznika.



5.2. Zastrzeżone

6. WARUNKI BADANIA

6.1. Warunki badania dotyczące laboratorium

Mierzy się temperaturę bezwzględną ( $T_a$ ) powietrza w silniku na wlocie do silnika, wyrażoną w stopniach Kelvina, i ciśnienie atmosferyczne powietrza suchego ( $p_s$ ), wyrażone w kPa, i wyznacza się parametr  $f_a$  zgodnie z przepisami podanymi poniżej. W silnikach wielocylindrowych z wydzielonymi grupami kolektorów dolotowych, przykładowo w silnikach widlastych („V”), mierzy się średnią temperaturę poszczególnych grup. Parametr  $f_a$  podaje się w wynikach badań. Mając na uwadze lepszą powtarzalność i odtwarzalność wyników badań, zaleca się, by parametr  $f_a$  zawierał się w przedziale:  $0,93 \leq f_a \leq 1,07$ .

Silniki wolnossące i z doładowaniem mechanicznym:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7} \quad (6-1)$$

Silniki turbodoładowane z chłodzeniem lub bez chłodzenia powietrza dolotowego:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \quad (6-2)$$

Temperaturę powietrza dolotowego mierzoną przed wlotem do dowolnej części silnika (w kierunku przeciwnym do przepływu) należy utrzymywać na poziomie  $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

Dopuszcza się stosowanie:

- a) wspólnego miernika ciśnienia atmosferycznego, o ile urządzenie zapewniające powietrze dolotowe utrzymuje ciśnienie otoczenia w miejscu, gdzie badany jest silnik, z dokładnością do  $\pm 1$  kPa wspólnego pomiaru ciśnienia atmosferycznego;
- b) wspólnego pomiaru wilgotności powietrza dolotowego, o ile urządzenie zapewniające powietrze dolotowe utrzymuje punkt rosy w miejscu, gdzie badany jest silnik, z dokładnością do  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  wspólnego pomiaru wilgotności.

6.2. Silniki z chłodzeniem powietrza doładującego

- a) Stosuje się układ chłodzenia powietrza doładującego o takiej całkowitej pojemności powietrza dolotowego, która odpowiada instalacji stosowanej w silnikach produkcyjnych. Laboratoryjny układ chłodzenia powietrza doładującego musi być zaprojektowany w celu ograniczenia gromadzenia się skroplin. Nagromadzone skropliny należy odprowadzić, a wszystkie zawory spustowe całkowicie zamknąć przed badaniem emisji. Zawory spustowe muszą pozostawać zamknięte podczas badania emisji. Utrzymuje się następujące warunki dla czynnika chłodzącego:
  - (i) Przez całe badanie temperaturę czynnika chłodzącego na wlocie do chłodnicy powietrza doładującego utrzymuje się na poziomie co najmniej  $20^\circ\text{C}$ ;
  - (ii) W warunkach silnika określonych przez producenta natężenie przepływu czynnika chłodzącego należy ustawić tak, aby za wylotem chłodnicy powietrza doładującego temperatura powietrza nie różniła się o więcej niż  $\pm 5^\circ\text{C}$  od wartości określonej przez producenta. Temperaturę powietrza na wylocie mierzy się w miejscu określonym przez producenta. Ten ustalony punkt odnoszący się do natężenia przepływu czynnika chłodzącego wykorzystuje się w całym badaniu. Jeżeli producent silnika nie określił warunków silnika lub odpowiedniej temperatury powietrza na wyjściu z chłodnicy powietrza doładującego, to natężenie przepływu czynnika chłodzącego należy ustawić przy maksymalnej mocy silnika, aby uzyskać taką temperaturę powietrza na wyjściu z chłodnicy powietrza doładującego, która odpowiada warunkom w czasie normalnej eksploatacji;
  - (iii) Jeżeli producent silnika podał graniczne wartości spadków ciśnienia w układzie chłodzenia powietrza doładującego, należy dopilnować, aby spadek ciśnienia w układzie chłodzenia powietrza doładującego w warunkach pracy silnika określonych przez producenta nie przekraczał wartości granicznych wskazanych przez producenta. Spadek ciśnienia mierzy się w punktach określonych przez producenta;
- b) Celem jest uzyskanie wyników emisji, które są reprezentatywne dla normalnej eksploatacji. Jeżeli właściwa ocena techniczna wskazuje, że specyfikacje zawarte w niniejszej sekcji będą skutkować badaniami niereprezentatywnymi (np. przeschłodzeniem powietrza dolotowego), to można zastosować bardziej zaawansowane punkty ustalone i regulację spadku ciśnienia powietrza doładującego, temperatury oraz natężenia przepływu czynnika chłodzącego, aby uzyskać bardziej reprezentatywne wyniki.

- 6.3. Moc silnika
- 6.3.1. Podstawy pomiarów emisji  
Podstawą do badań emisji jednostkowych jest moc nieskorygowana.
- 6.3.2. Urządzenia pomocnicze, których montaż jest wymagany  
Podczas badania na stanowisku badawczym muszą być zamontowane urządzenia pomocnicze niezbędne do działania silnika zgodnie z wymaganiami załącznika 7.
- 6.3.3. Urządzenia pomocnicze, które należy usunąć  
Niektóre urządzenia pomocnicze, których działanie jest związane z działaniem maszyny i które można zamontować na silniku, należy usunąć na czas badania.

Jeżeli takich urządzeń nie można odłączyć, można określić pobieraną przez nie moc w warunkach bez obciążenia i dodać do zmierzonej mocy silnika (zob. uwaga g w tabeli w załączniku 7). Jeżeli wartość ta przekracza 3 % mocy maksymalnej przy prędkości badania, fakt ten może zostać sprawdzony przez organ przeprowadzający badania. Moc pobieraną przez urządzenia pomocnicze należy użyć do dostosowania ustalonych wartości oraz obliczenia pracy silnika w całym cyklu badań.

- 6.4. Powietrze dolotowe silnika
- 6.4.1. Wprowadzenie  
Należy użyć układu dolotowego powietrza, który jest zamontowany na silniku, lub układu odpowiadającego typowej konfiguracji eksploatacyjnej. Obejmuje to układy chłodzenia powietrza doładowującego oraz recyrkulacji gazów spalinowych.
- 6.4.2. Opory przepływu powietrza dolotowego  
Zastosowany układ dolotowy silnika lub laboratoryjny układ badawczy muszą charakteryzować się oporami przepływu powietrza dolotowego w granicach  $\pm 300$  Pa maksymalnej wartości podanej przez producenta dla czystego filtra powietrza, znamionowej prędkości obrotowej oraz pełnego obciążenia. Różnicę ciśnienia statycznego powodowaną przez opory mierzy się w miejscu i dla ustalonych wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego wyznaczonych przez producenta. Jeżeli producent nie określił miejsca, ciśnienie to mierzy się w miejscu znajdującym się przed podłączeniem turbosprężarki lub układu recyrkulacji gazów spalinowych do układu dolotowego powietrza (w kierunku przeciwnym do przepływu). Jeżeli producent nie ustalił wartości prędkości obrotowej ani momentu obrotowego, to wspomniane ciśnienie mierzy się, gdy silnik wytwarza maksymalną moc.
- 6.5. Układ wydechowy silnika  
Należy użyć układu wydechowego, który jest zamontowany wraz z silnikiem, lub układu odpowiadającego typowej konfiguracji eksploatacyjnej. W przypadku urządzeń do oczyszczania spalin opory przepływu spalin muszą być określone przez producenta zgodnie z danym warunkiem oczyszczania (np. poziom osiągnięcia odpowiednich początkowych właściwości użytkowych/starzenia oraz regeneracji/obciążania). Układ wydechowy musi spełniać wymagania dotyczące pobierania próbek spalin określone w pkt 9.3. Zastosowany układ wydechowy silnika lub laboratoryjny układ badawczy musi charakteryzować się statycznym przeciwcisnieniem spalin w granicach od 80 do 100 % wartości granicznej oporów przepływu spalin wskazanej przez producenta dla danej prędkości obrotowej i momentu obrotowego. Jeżeli maksymalny opór przepływu wynosi 5 kPa lub mniej, wartość zadana musi różnić się od górnej wartości granicznej o co najmniej 1,0 kPa. Jeżeli producent nie ustalił wartości prędkości obrotowej ani momentu obrotowego, to ciśnienie mierzy się, gdy silnik wytwarza maksymalną moc.
- 6.6. Silnik z układem oczyszczania spalin  
Jeżeli silnik jest wyposażony w układ oczyszczania spalin, rura wydechowa na odcinku o długości co najmniej czterokrotności swojej średnicy przed komorą rozprężną (w kierunku przeciwnym do przepływu) zawierającą taki układ oczyszczania spalin musi mieć taką samą średnicę, jaka występuje w eksploatacji. Odległość od kołnierza kolektora wylotowego lub wylotu turbosprężarki do układu oczyszczania spalin musi być taka sama jak występująca w pojeździe lub mieścić się w specyfikacji odległości podanej przez producenta. Przeciwcisnienie spalin lub opory przepływu muszą spełniać takie same kryteria jak podane powyżej i mogą być ustalane za pomocą zaworu. Pojemnik układu oczyszczania spalin może być usunięty podczas testu wstępnego (z użyciem makiet) i podczas wykonywania charakterystyki odwzorowującej i zastąpiony przez równoważny pojemnik, nieaktywny pod względem katalitycznym.

Emisje zmierzone w cyklu badania muszą być reprezentatywne dla emisji w warunkach drogowych. W przypadku silnika wyposażonego w układ oczyszczania spalin wymagający zużycia reagentu producent wskazuje reagent, jaki należy zastosować we wszystkich badaniach.

W przypadku silników wyposażonych w układy oczyszczania spalin z nieczęstą (okresową) regeneracją, jak opisano w pkt 6.6.2, wyniki badania emisji muszą być skorygowane, aby uwzględnić regenerację. W tym przypadku średnia emisji zależy od częstotliwości regeneracji wyrażonej jako ułamek liczby badań, podczas których zachodzi regeneracja. Układy oczyszczania spalin z ciągłą regeneracją zgodnie z pkt 6.6.1 nie wymagają specjalnej procedury badawczej.

#### 6.6.1. Regeneracja ciągła

Dla układów oczyszczania spalin opartych na procesie ciągłej regeneracji emisje mierzy się na ustabilizowanym układzie oczyszczania spalin, co gwarantuje powtarzalne wydzielanie emisji. Proces regeneracji musi wystąpić co najmniej raz podczas badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu lub badania ze zmianami jednostajnymi między fazami (badanie RMC), a producent musi określić normalne warunki, w jakich zachodzi regeneracja (ilość sadzy, temperatura, przeciwciśnienie spalin itp.). Aby wykazać, że proces regeneracji jest ciągły, należy przeprowadzić co najmniej trzy badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu lub trzy badania ze zmianami jednostajnymi między fazami (RMC). W przypadku badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu silnik nagrzewa się zgodnie z pkt 7.8.2.1, poddaje kondycjonowaniu zgodnie z pkt 7.4.2 i rozpoczyna się pierwsze badanie NRTC w cyklu gorącego rozruchu. Kolejne badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu rozpoczynają się po kondycjonowaniu zgodnie z pkt 7.4.2. Podczas badań należy rejestrować temperaturę i ciśnienie spalin (temperaturę przed i za układem oczyszczania spalin, przeciwciśnienie spalin itp.). Układ oczyszczania spalin uznaje się za zadowolający, jeżeli warunki zadeklarowane przez producenta wystąpią podczas badania przez wystarczająco długi czas, a wyniki emisji nie będą się różniły o więcej niż  $\pm 25\%$  lub  $0,005 \text{ g/kWh}$ , w zależności od tego, która wartość jest większa. Jeżeli układ oczyszczania spalin posiada tryb bezpieczeństwa, który powoduje przełączenie układu na tryb okresowej (nieczęstej) regeneracji, sprawdza się go zgodnie z przepisami pkt 6.6.2. W tym szczególnym przypadku obowiązujące wartości graniczne emisji mogą zostać przekroczone i nie są ważne.

#### 6.6.2. Regeneracja nieczęsta (okresowa)

Niniejsze przepisy dotyczą tylko silników wyposażonych w okresowo regenerowane układy ograniczania emisji. Niniejszej procedury nie można stosować do silników, które włączane są w cyklu z fazami dyskretnymi.

Emisje mierzy się w co najmniej trzech badaniach NRTC w cyklu gorącego rozruchu lub trzech badaniach ze zmianami jednostajnymi między fazami (RMC), przeprowadzonych jeden raz z regeneracją i dwa razy bez regeneracji na ustabilizowanym układzie oczyszczania spalin. Proces regeneracji musi wystąpić co najmniej raz podczas badania NRTC lub RMC. Jeżeli regeneracja trwa dłużej niż jedno badanie NRTC lub RMC, przeprowadza się kolejne badania NRTC lub RMC i kontynuuje pomiary emisji bez wyłączenia silnika do czasu zakończenia regeneracji, a następnie oblicza się średnią z badań. Jeżeli podczas dowolnego badania regeneracja zostanie zakończona, badanie należy kontynuować do samego końca. Silnik może być wyposażony w przełącznik blokujący lub umożliwiający proces regeneracji, pod warunkiem że działanie to nie ma wpływu na pierwotne wzorcowanie silnika.

Producent deklaruje parametry normalnych warunków, w jakich zachodzi proces regeneracji (ilość sadzy, temperatura, przeciwciśnienie spalin itp.). Producent podaje także częstotliwość regeneracji wyrażoną jako liczba badań, podczas których zachodzi regeneracja. Dokładna procedura ustalania takiej częstotliwości jest uzgadniana na podstawie właściwej oceny technicznej przez organ udzielający homologacji typu.

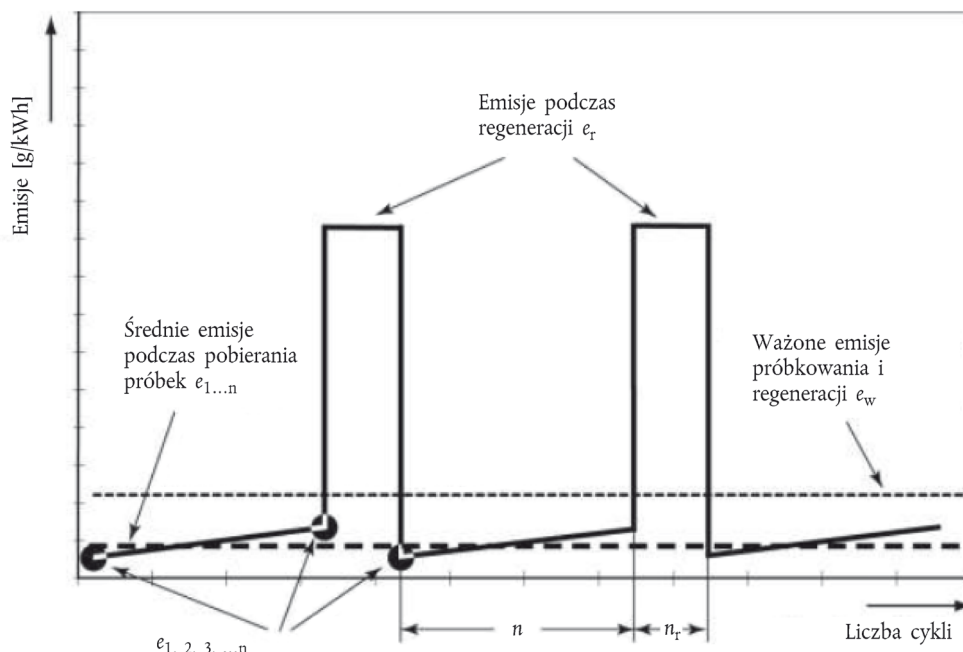
Do badań regeneracji producent dostarcza obciążony układ oczyszczania spalin. Regeneracja nie może zachodzić podczas fazy kondycjonowania silnika. Opcjonalnie producent może przeprowadzać kolejne badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu lub badania RMC do chwili uzyskania obciążenia układu oczyszczania spalin. Pomiar emisji nie jest wymagany we wszystkich badaniach.

Średnie emisje pomiędzy fazami regeneracji wyznacza się na podstawie średniej arytmetycznej kilku w przybliżeniu jednakowo odległych w czasie badań NRTC w cyklu gorącego rozruchu lub badań RMC. Należy przeprowadzić co najmniej jedno badanie NRTC w cyklu gorącego rozruchu lub badanie RMC możliwie w jak najmniejszym odstępie czasu przed badaniem regeneracji i jedno badanie NRTC w cyklu gorącego rozruchu lub badanie RMC bezpośrednio po badaniu regeneracji.

Podczas badania regeneracji rejestruje się wszystkie dane niezbędne do wykrycia regeneracji (emisje CO lub  $\text{NO}_x$ , temperaturę przed i za układem oczyszczania spalin, przeciwciśnienie spalin itp.). Podczas procesu regeneracji obowiązujące wartości graniczne emisji mogą zostać przekroczone. Procedurę badania przedstawiono w sposób schematyczny na rys. 6.1.

Rysunek 6.1

Schemat nieczęstej (okresowej) regeneracji z liczbą pomiarów  $n$  i liczbą pomiarów w czasie regeneracji  $n_r$



Średnie emisje jednostkowe dla gorącego rozruchu  $\bar{e}_w$  [g/kWh] waży się w sposób następujący (zob. rysunek 6.1):

$$\bar{e}_w = \frac{n \cdot \bar{e} + n_r \cdot \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (6-3)$$

gdzie:

$n$  = liczba badań, w których nie występuje regeneracja,

$n_r$  = liczba badań, w których występuje regeneracja (co najmniej jedno badanie),

$\bar{e}$  = średnia emisja jednostkowa z badania, w którym nie występuje regeneracja [g/kWh]

$\bar{e}_r$  = średnia emisja jednostkowa z badania, w którym występuje regeneracja [g/kWh]

Na życzenie producenta i na podstawie właściwej analizy technicznej można wyliczyć mnożnikowy lub addytywny współczynnik poprawkowy regeneracji  $k_r$  wyrażający średnie natężenie emisji, w następujący sposób:

Mnożnikowy

$$k_{Ur} = \frac{\bar{e}_w}{\bar{e}} \quad (\text{współczynnik poprawkowy w górę}) \quad (6-4a)$$

$$k_{Dr} = \frac{\bar{e}_w}{\bar{e}_r} \quad (\text{współczynnik poprawkowy w dół}) \quad (6-4b)$$

Addytywny

$$k_{Ur} = \bar{e}_w - \bar{e} \quad (\text{współczynnik poprawkowy w górę}) \quad (6-5)$$

$$k_{Dr} = \bar{e}_w - \bar{e}_r \quad (\text{współczynnik poprawkowy w dół}) \quad (6-6)$$

Współczynniki poprawkowe w górę mnoży się przez zmierzone natężenia emisji lub dodaje do tych wartości dla wszystkich badań, w których regeneracja nie występuje. Współczynniki poprawkowe w dół mnoży się przez zmierzone natężenia emisji lub dodaje do tych wartości dla wszystkich badań, w których regeneracja występuje. Wystąpienie regeneracji musi być identyfikowane w sposób wyraźnie widoczny podczas wszystkich badań. Jeżeli nie zidentyfikowano regeneracji, należy zastosować współczynnik poprawkowy w górę.

W odniesieniu do dodatków A.7–8 do załącznika 4B dotyczących obliczeń emisji jednostkowych współczynnik poprawkowy regeneracji:

- a) jest stosowany do wyników ważonych badań NRTC i RMC;
- b) może być stosowany do cykli ze zmianami jednostajnymi między fazami oraz do badania NRTC w cyklu zimnego rozruchu, jeżeli podczas cyklu występuje regeneracja;
- c) może być rozszerzony na inne silniki z tej samej rodziny;
- d) może być rozszerzony na inne rodziny silników wykorzystujące ten sam układ oczyszczania spalin, po uprzednim zatwierdzeniu przez organ udzielający homologacji typu na podstawie dostarczonych przez producenta dowodów technicznych wykazujących, że emisje są podobne.

Należy wziąć pod uwagę następujące opcje:

- a) producent może pominąć współczynniki poprawkowe dla jednej rodziny lub kilku rodzin silników (lub konfiguracji) z uwagi na to, że wpływ regeneracji jest niewielki lub trudno jest zidentyfikować kiedy występuje regeneracja. W takich przypadkach nie stosuje się współczynników poprawkowych, a producent jest odpowiedzialny za zgodność z wartościami granicznymi emisji dla wszystkich badań, niezależnie od tego, czy występuje regeneracja;
- b) na wniosek producenta organ udzielający homologacji typu lub organ certyfikujący mogą uwzględnić występowanie regeneracji w inny sposób niż określony w lit. a). Opcja ta dotyczy jednak tylko tych regeneracji, które zachodzą skrajnie rzadko, i których nie można w praktyce uwzględnić za pomocą współczynników poprawkowych opisanych w lit. a).

#### 6.7. Układ chłodzenia

Należy stosować układ chłodzenia silnika o sprawności wystarczającej do utrzymania silnika, włącznie z temperaturą powietrza dolotowego, oleju, chłodziwa, bloku i głowicy silnika, w granicach normalnej temperatury roboczej przewidzianej przez producenta. Można stosować dodatkowe chłodnice i wentylatory laboratoryjne.

#### 6.8. Olej smarowy

Olej smarowy jest określany przez producenta i musi być reprezentatywny dla olejów smarowych dostępnych na rynku, przy czym specyfikacje oleju smarowego użytego podczas badania należy odnotować i przedstawić w wynikach badań.

#### 6.9. Specyfikacje dla paliwa wzorcowego

Paliwo wzorcowe zostało określone w tabeli 3 w załączniku 6.

Temperatura paliwa musi być zgodna z zaleceniami producenta. Temperaturę paliwa mierzy się na wlocie pompy paliwowej wtryskowej lub zgodnie z zaleceniami producenta oraz zapisuje miejsce pomiaru.

#### 6.10. Emisje ze skrzyni korbowej

Emisje ze skrzyni korbowej nie mogą być odprowadzane bezpośrednio do otaczającej atmosfery, z następującym wyjątkiem: silniki wyposażone w turbosprężarki, pompy, dmuchawy lub mechaniczne sprężarki powietrza mogą odprowadzać emisje ze skrzyni korbowej do otaczającej atmosfery, jeżeli emisje te zostaną dodane do emisji spalin (fizycznie albo matematycznie) podczas wszystkich badań poziomu emisji. Producenci korzystający z tego wyjątku muszą instalować silniki w sposób umożliwiający skierowanie wszystkich emisji ze skrzyni korbowej do układu pobierania próbek emisji. Na potrzeby niniejszego punktu emisji ze skrzyni korbowej kierowanych do przewodów wydechowych przed układem oczyszczania spalin (w kierunku przeciwnym do przepływu) podczas całej pracy silnika nie uznaje się za emisje odprowadzane bezpośrednio do otaczającej atmosfery.

Emisje z otwartej skrzyni korbowej muszą być kierowane do układu wydechowego w celu przeprowadzenia pomiaru emisji w następujący sposób:

- a) materiały, z których wykonane są przewody, muszą mieć gładkie ścianki, przewodzić prąd elektryczny i nie mogą wchodzić w reakcje z emisjami ze skrzyni korbowej. Długość przewodów należy ograniczyć do minimum;
- b) liczbę łuków rurowych w stosowanych w laboratorium przewodach skrzyni korbowej należy ograniczyć do minimum, a promień każdego łuku rurowego, którego nie da się uniknąć, musi być jak największy;
- c) stosowane w laboratorium przewody wydechowe skrzyni korbowej muszą spełniać specyfikacje producenta silnika w odniesieniu do przeciwcisnienia w skrzyni korbowej;
- d) przewody wydechowe skrzyni korbowej muszą być podłączone do układu wydechowego nierozcieńczonych spalin za układem oczyszczania spalin (w kierunku przepływu) i za wszelkim dławieniem przepływu spalin (w kierunku przepływu) oraz przed wszystkimi sondami próbkującymi (w kierunku przeciwnym do przepływu) w odległości zapewniającej całkowite wymieszanie ze spalinami pochodzącymi z silnika przed pobraniem próbek. Przewód wydechowy skrzyni korbowej musi być wprowadzony w swobodny strumień spalin, aby uniknąć efektu warstwy granicznej i ułatwić wymieszanie. Wylot przewodu wydechowego skrzyni korbowej może być skierowany w dowolnym kierunku względem strumienia nierozcieńczonych spalin.

## 7. PROCEDURY BADAWCZE

### 7.1. Wprowadzenie

Niniejszy punkt opisuje metodę oznaczania emisji jednostkowych zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych z badanych silników. Badany silnik musi posiadać konfigurację silnika macierzystego dla danej rodziny silników, jak określono w pkt 5.2.

Laboratoryjne badanie emisji składa się z pomiarów emisji i innych parametrów dla cykli badania określonych w niniejszym załączniku. Uwzględniono następujące aspekty (w niniejszym załączniku 4B):

- a) konfiguracje laboratoryjne do pomiaru emisji jednostkowych (pkt 7.2);
- b) procedury weryfikacyjne przed badaniem i po badaniu (pkt 7.3);
- c) cykle badania (pkt 7.4);
- d) ogólną sekwencję badania (pkt 7.5);
- e) odwzorowanie charakterystyki silnika (pkt 7.6);
- f) odtwarzanie cykli badawczych (pkt 7.7);
- g) procedurę przebiegu poszczególnych cykli badawczych (pkt 7.8).

### 7.2. Zasady pomiaru emisji

W celu pomiaru emisji jednostkowych silnik jest uruchamiany w odpowiednich cyklach badania określonych w pkt 7.4. Pomiar emisji jednostkowych wymaga wyznaczenia masy zanieczyszczeń znajdujących się w spalinach (tj. HC, NMHC, CO, NO<sub>x</sub> i cząstek stałych) i odpowiedniej pracy silnika.

#### 7.2.1. Masa składnika

Masę całkowitą każdego składnika wyznacza się w odpowiednim cyklu badawczym za pomocą następujących metod:

##### 7.2.1.1. Ciągłe pobieranie próbek

Przy ciągłym pobieraniu próbek stężenie składnika mierzy się w sposób ciągły w spalinach nierozcieńczonych i rozcieńczonych. Stężenie to mnoży się przez ciągłe natężenie przepływu spalin (nierozcieńczonych lub rozcieńczonych) w miejscu pobierania próbek emisji, aby ustalić natężenie przepływu składnika. Emisje danego składnika są sumowane w sposób ciągły przez cały przedział czasowy badania. Otrzymana suma stanowi całkowitą masę emitowanego składnika.

#### 7.2.1.2. Okresowe pobieranie próbek

Przy okresowym pobieraniu próbek próbka nierozcieńczonych lub rozcieńczonych spalin jest pobierana w sposób ciągły i zachowywana w celu późniejszego przeprowadzenia pomiaru. Pobrana próbka musi być proporcjonalna do natężenia przepływu spalin nierozcieńczonych lub rozcieńczonych. Do przykładów okresowego pobierania próbek zalicza się gromadzenie rozcieńczonych emisji gazowych w worku lub gromadzenie cząstek stałych na filtrze. Zasadniczo metoda obliczania emisji jest następująca: stężenia określone w wyniku okresowego pobierania próbek mnoży się przez całkowitą masę spalin lub przepływ masowy spalin (nierozcieńczonych lub rozcieńczonych), z których została pobrana próbka podczas cyklu badań. Otrzymany iloczyn stanowi całkowitą masę lub przepływ masowy emitowanego składnika. W celu obliczenia stężenia PM ilość cząstek stałych nagromadzonych na filtrze z pobranych w sposób proporcjonalny próbek spalin dzieli się przez ilość przefiltrowanych spalin.

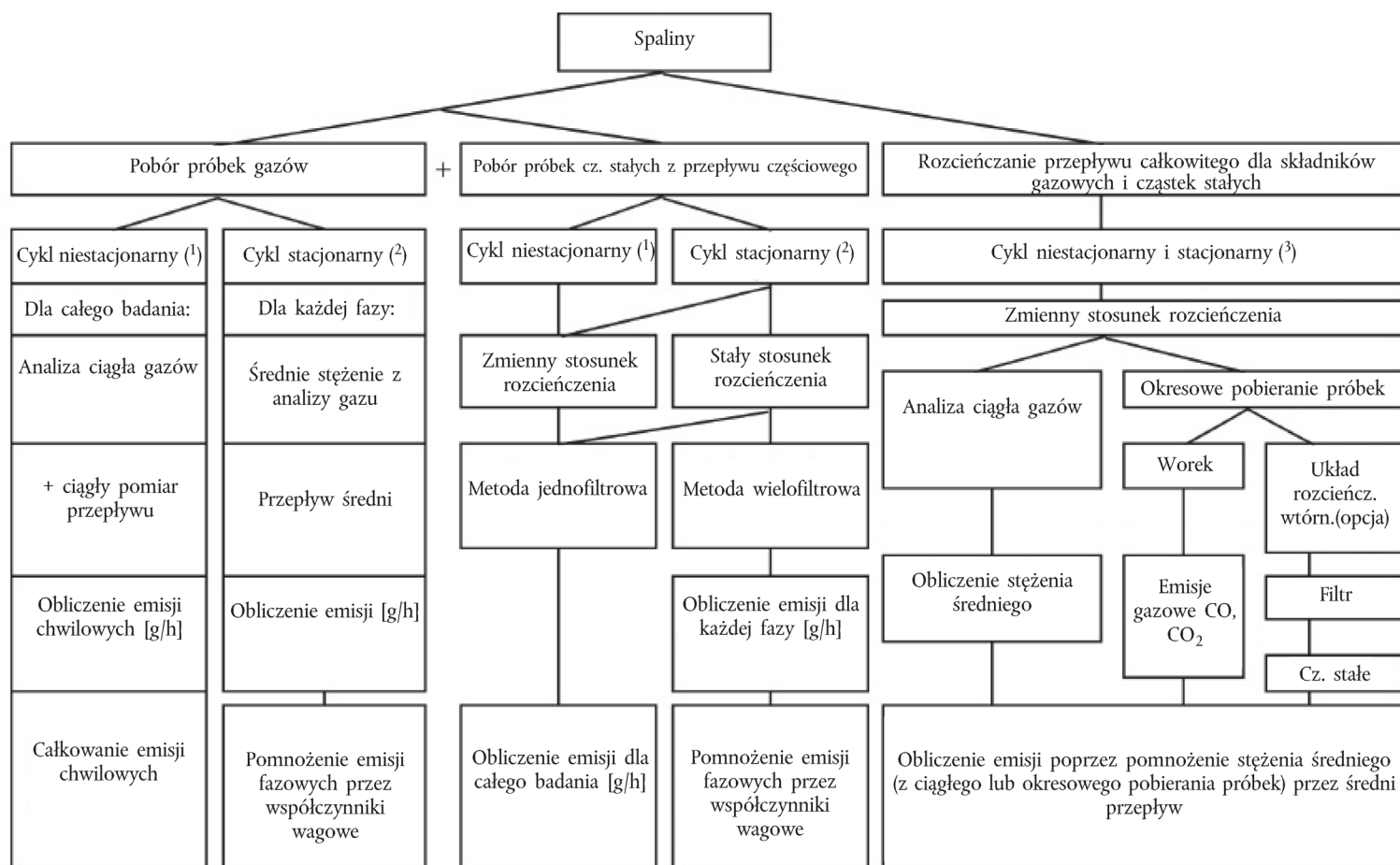
#### 7.2.1.3. Kombinowane pobieranie próbek

Dopuszcza się wszelkie kombinacje ciągłego i okresowego pobierania próbek (np. okresowe pobieranie próbek cząstek stałych i ciągłe pobieranie próbek emisji gazowych).

Na poniższym rysunku zobrazowano dwa aspekty procedur badawczych do pomiaru emisji: urządzenia z liniami do pobierania próbek nierozcieńczonych i rozcieńczonych spalin oraz czynności wymagane do obliczenia emisji zanieczyszczeń w cyklach stacjonarnych i niestacjonarnych (rysunek 7.1).

Rysunek 7.1

## Procedury badawcze do pomiarów emisji



(1) Cykl niestacjonarny i cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami;

(2) cykl stacjonarny z fazami dyskretnymi;

(3) cykle w stanach ustalonych – niestacjonarny, ze zmianami jednostajnymi między fazami i fazami dyskretnymi

Uwaga do rysunku 7.1: Pojęcie „pobieranie próbek cząstek stałych z przepływu częściowego” obejmuje rozcieńczanie przepływu częściowego w celu pobierania tylko nierozcieńczonych spalin przy stałym lub zmiennym stosunku rozcieńczenia.



### 7.2.2. Wyznaczenie pracy

Pracę w cyklu badania wyznacza się poprzez synchroniczne mnożenie wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego hamowania do obliczenia chwilowych wartości mocy hamowania silnika. Pracę całkowitą oblicza się poprzez całkowanie mocy hamowania silnika w cyklu badania.

### 7.3. Weryfikacja i wzorcowanie

#### 7.3.1. Procedury przed badaniem

##### 7.3.1.1. Kondycjonowanie wstępne

Aby uzyskać stabilne warunki, przed rozpoczęciem sekwencji badawczej układ próbkowania i silnik poddaje się kondycjonowaniu wstępnemu, jak określono w pkt 7.3 i 7.4. Kondycjonowanie wstępne w celu ochłodzenia silnika do celów badania niestacjonarnego w cyklu zimnego rozruchu jest szczególnie wskazane w pkt 7.4.2.

##### 7.3.1.2. Sprawdzanie zanieczyszczenia węglowodorami

Jeżeli istnieje podejrzenie istotnego zanieczyszczenia węglowodorami w układzie pomiaru spalin, zanieczyszczenie to można sprawdzić za pomocą gazu zerowego i odpowiednio skorygować ustawienie. Jeżeli konieczne jest sprawdzenie ilości zanieczyszczenia w układzie pomiarowym oraz układzie pomiaru węglowodorów tła, należy je wykonać w ciągu 8 godzin przed rozpoczęciem każdego cyklu badawczego. Wartości należy zapisać w celu późniejszego wprowadzenia poprawek. Przed tą kontrolą należy wykonać próbę szczelności i wywzorcować analizator FID.

##### 7.3.1.3. Przygotowanie urządzeń pomiarowych do pobierania próbek

Przed rozpoczęciem pobierania próbek emisji należy wykonać następujące czynności:

- a) w ciągu 8 godzin przed pobraniem próbek emisji przeprowadza się próby szczelności zgodnie z pkt 8.1.8.7;
- b) przy okresowym pobieraniu próbek podłącza się czyste zasobniki, na przykład opróżnione worki lub filtry o zmierzonej tarze;
- c) wszystkie przyrządy pomiarowe uruchamia się zgodnie z instrukcjami producenta i właściwą oceną techniczną;
- d) uruchamia się układy rozcieńczania, pompy do pobierania próbek, wentylatory chłodzące i system gromadzenia danych;
- e) natężenia przepływu próbek dostosowuje się do pożądanego poziomu, w razie potrzeby stosując przepływ bocznikowy;
- f) wymienniki ciepła w układzie pobierania próbek wstępnie rozgrzewa się lub schładza do ich temperatur roboczych w badaniu;
- g) należy umożliwić ustabilizowanie się elementów podgrzewanych lub chłodzonych do ich temperatury roboczej, takich jak linie pobierania próbek, filtry, urządzenia schładzające i pompy;
- h) układ rozcieńczania przepływu spalin włącza się co najmniej 10 minut przed sekwencją badania;
- i) wykonuje się wzorcowanie analizatorów gazowych i zerowanie analizatorów ciągłych zgodnie z procedurą z pkt 7.3.1.4 poniżej;
- j) wszelkie elektroniczne układy całkowane należy wyzerować lub ponownie wyzerować przed rozpoczęciem każdego przedziału czasowego badania.

##### 7.3.1.4. Wzorcowanie analizatorów gazowych

Należy wybrać odpowiednie zakresy pomiarowe analizatorów gazu. Dozwolone jest stosowanie analizatorów emisji z automatycznym lub manualnym przełączaniem zakresu. Zakresu analizatorów emisji nie można przełączać podczas badania ze zmianami jednostajnymi między fazami lub badania NRTC oraz podczas okresu pobierania próbek emisji gazowych pod koniec każdej fazy badania z fazami dyskretnymi. Nie można też przełączać wartości wzmocnienia analogowego wzmocniacza operacyjnego lub analogowych wzmocniaczy operacyjnych analizatora w trakcie cyklu badania.

Wszystkie analizatory ciągle należy wyzerować i ustawić ich zakres pomiarowy, używając gazów spełniających wymagania norm międzynarodowych, które spełniają wymaganiami określone w pkt 9.5.1. Zakres pomiarowy analizatorów FID należy ustawić na podstawie liczby atomów węgla równej jeden ( $C_1$ ).

- 7.3.1.5. Kondycjonowanie wstępne i ważenie tary filtrów cząstek stałych  
Należy zastosować procedury kondycjonowania wstępnego i ważenia tary filtrów cząstek stałych zgodnie z pkt 8.2.3.
- 7.3.2. Procedury po przeprowadzeniu badania  
Po zakończeniu pobierania próbek emisji należy wykonać następujące czynności:
- 7.3.2.1. Weryfikacja proporcjonalnego pobierania próbek  
W odniesieniu do każdej proporcjonalnej próbki pobieranej okresowo, takiej jak próbka z worka do pobierania próbek lub próbka cząstek stałych, należy sprawdzić, czy zastosowano proporcjonalne pobieranie próbek zgodnie z pkt 8.2.1. Dla metody jednofiltrowej i cyklu stacjonarnego z fazami dyskretnymi należy obliczyć efektywny współczynnik wagowy dla cząstek stałych. Każdą próbkę, która nie spełnia wymaganiami pkt 8.2.1, uznaje się za nieważną.
- 7.3.2.2. Kondycjonowanie i ważenie cząstek stałych po badaniu  
Po użyciu filtry cząstek stałych umieszcza się w przykrytym lub uszczelnionym pojemniku bądź zamyka się osadki filtra, aby zabezpieczyć filtry do pobierania próbek przed otaczającymi zanieczyszczeniami. Zabezpieczone w ten sposób filtry z ładunkiem umieszcza się z powrotem w komorze lub pomieszczeniu do kondycjonowania filtrów cząstek stałych. Następnie filtry z próbkami cząstek stałych kondycjonuje się i waży zgodnie z pkt 8.2.4 (procedury kondycjonowania po badaniu i ważenia całkowitego filtra cząstek stałych).
- 7.3.2.3. Analiza próbek gazów pobranych okresowo  
Następujące czynności wykonuje się tak szybko, jak jest to możliwe:
- wszystkie okresowe analizatory gazów należy wyzerować i ustawić ich zakres pomiarowy nie później niż w ciągu 30 minut po zakończeniu cyklu lub w trakcie okresu wygrzewania, jeżeli można sprawdzić, czy analizatory gazowe są nadal stabilne;
  - wszelkie konwencjonalne próbki gazów pobrane okresowo analizuje się nie później niż w ciągu 30 minut po zakończeniu badania w cyklu rozruchu gorącego lub w trakcie okresu wygrzewania;
  - próbki tła analizuje się nie później niż w ciągu 60 minut po zakończeniu badania w cyklu rozruchu gorącego.
- 7.3.2.4. Weryfikacja pełzania  
Po oznaczeniu ilościowym gazów spalinowych sprawdza się błąd pełzania w następujący sposób:
- w przypadku analizatorów gazowych okresowych i ciągłych odnotowuje się średnią wartość analizatora po ustabilizowaniu gazu zerowego przez analizator. Stabilizacja może obejmować czas potrzebny do oczyszczenia analizatora z próbek gazu oraz ewentualny dodatkowy czas na uwzględnienie odpowiedzi analizatora;
  - odnotowuje się średnią wartość analizatora po ustabilizowaniu gazu do ustawiania zakresu pomiarowego przez analizator. Stabilizacja może obejmować czas potrzebny do oczyszczenia analizatora z próbek gazu oraz ewentualny dodatkowy czas na uwzględnienie odpowiedzi analizatora;
  - dane te wykorzystuje się do walidacji i poprawek ze względu na błąd pełzania, jak opisano w pkt 8.2.2.
- 7.4. Cykle badania  
Stosuje się następujące cykle pracy:
- dla silników o zmiennej prędkości obrotowej: cykl 8-fazowy lub odpowiadający mu cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami oraz cykl niestacjonarny NRTC, jak określono w załączniku 5;
  - dla silników o stałej prędkości obrotowej: cykl 5-fazowy lub odpowiadający mu cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami, jak określono w załączniku 5.

#### 7.4.1. Cykle stacjonarne

Cykle stacjonarne zostały określone w załączniku 5 jako wykaz faz dyskretnych (punktów roboczych), przy czym każdy punkt roboczy charakteryzuje się jedną wartością prędkości obrotowej i jedną wartością momentu obrotowego. Pomiary w cyklu stacjonarnym przeprowadza się na rozgrzanym i pracującym silniku zgodnie ze specyfikacjami producenta. Cykl stacjonarny może być wykonany jako cykl z fazami dyskretnymi lub cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami, jak wyjaśniono w punktach poniżej.

##### 7.4.1.1. Cykle stacjonarne z fazami dyskretnymi

8-fazowy cykl stacjonarny z fazami dyskretnymi obejmuje osiem faz prędkości obrotowej i obciążenia (z odpowiednim współczynnikiem wagowym dla każdej fazy) reprezentujących typowy zakres roboczy silników o zmiennej prędkości obrotowej. Cykl ten przedstawiono w załączniku 5.

5-fazowy cykl stacjonarny z fazami dyskretnymi i stałą prędkością obejmuje pięć faz obciążenia (z odpowiednim współczynnikiem wagowym dla każdej fazy), wszystkie przy znamionowej prędkości obrotowej, które reprezentują typowy zakres roboczy silników o stałej prędkości obrotowej. Cykl ten przedstawiono w załączniku 5.

##### 7.4.1.2. Cykle stacjonarne ze zmianami jednostajnymi między fazami

Cykle ze zmianami jednostajnymi między fazami (RMC) to cykle gorącego rozruchu, w których pomiar emisji rozpoczyna się po tym, jak silnik zostanie uruchomiony, rozgrzany i będzie pracować, zgodnie z pkt 7.8.2.1. Podczas badania RMC silnik jest w sposób ciągły sterowany przez jednostkę sterującą stanowiska badawczego. W czasie trwania badania RMC emisje gazów i cząstek stałych mierzy się i próbkuje w sposób ciągły, w taki sam sposób jak w cyklu niestacjonarnym.

W przypadku 5-fazowego cyklu badawczego badanie RMC składa się z tych samych faz ułożonych w tej samej kolejności, co w odpowiadającym mu cyklu stacjonarnym z fazami dyskretnymi. W przypadku cyklu 8-fazowego badanie RMC ma o jedną fazę więcej (podzielona faza biegu jałowego), a kolejność faz jest inna niż w odpowiadającym mu cyklu stacjonarnym z fazami dyskretnymi, aby uniknąć skrajnych zmian temperatury w układzie oczyszczania spalin. Długości faz dobiera się tak, aby były równoważne w stosunku do współczynników wagowych odpowiedniego cyklu stacjonarnego z fazami dyskretnymi. Zmiana prędkości obrotowej i obciążenia silnika pomiędzy jedną fazą a drugą musi być sterowana liniowo w czasie wynoszącym  $20 \pm 1$  s. Czas zmiany fazy zalicza się do nowej fazy (włącznie z pierwszą fazą).

#### 7.4.2. Cykl niestacjonarny (NRTC)

Cykl badania pojazdów niedrogowych w stanach nieustalonych (NRTC) jest określony w załączniku 5 jako cosekundowa sekwencja znormalizowanych wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego. W celu wykonania badania na hamowni silników znormalizowane wartości należy przeliczyć na odpowiadające im wartości odniesienia dla danego badanego silnika, w oparciu o poszczególne wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego z krzywej charakterystyki odwzorowania silnika. Przeliczenie to określane jest mianem denormalizacji, a uzyskany w ten sposób cykl badania określa się jako cykl odniesienia NRTC dla badanego silnika (zob. pkt 7.7.2).

Graficzną prezentację znormalizowanych obciążeń dynamometru silnika w badaniu NRTC przedstawiono w załączniku 5.

Cykl niestacjonarny przeprowadza się dwa razy (zob. pkt 7.8.3):

- a) jako cykl zimnego rozruchu po ochłodzeniu silnika i układów oczyszczania spalin do temperatury otoczenia po naturalnym ochłodzeniu silnika lub jako cykl zimnego rozruchu po wymuszonym ochłodzeniu oraz ustabilizowaniu temperatury silnika, czynnika chłodzącego i oleju w silniku, układów oczyszczania spalin i wszystkich urządzeń sterujących silnika w przedziale między  $20^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$ . Pomiar emisji dla zimnego rozruchu rozpoczyna się od uruchomienia zimnego silnika;
- b) okres wygrzewania – bezpośrednio po zakończeniu fazy rozruchu zimnego, silnik jest kondycjonowany do celów gorącego rozruchu za pomocą wygrzewania przez okres  $20 \pm 1$  min;
- c) gorący rozruch rozpoczyna się bezpośrednio po okresie wygrzewania poprzez obrót wału korbowego silnika. Analizatory gazowe należy włączyć na co najmniej 10 sekund przed zakończeniem okresu wygrzewania, aby uniknąć przełączania wartości szczytowych sygnałów. Pomiar emisji rozpoczyna się jednocześnie z rozpoczęciem fazy gorącego rozruchu, włącznie z rozruchem korbowym silnika.

Emisje jednostkowe wyrażone w g/kWh oznacza się za pomocą procedur opisanych w niniejszej sekcji zarówno dla cykli zimnego, jak i gorącego rozruchu. Łączne ważone wartości emisji oblicza się poprzez ważenie wyników dla zimnego rozruchu przez 10 %, a dla gorącego rozruchu przez 90 %, jak wyjaśniono szczegółowo w dodatkach A.7–A.8 do załącznika 4B.

## 7.5. Ogólna sekwencja badania

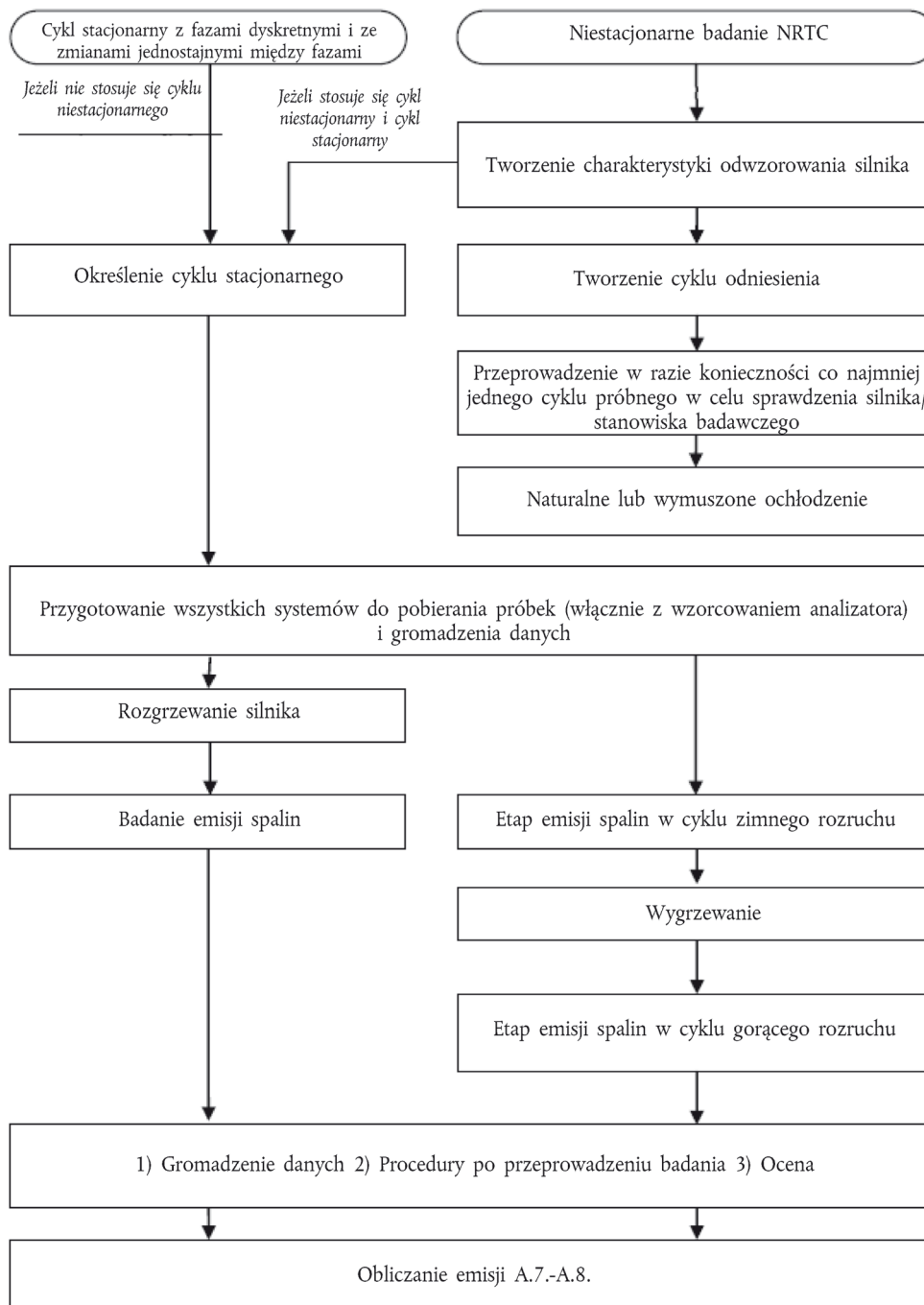
W celu pomiaru emisji silnika należy wykonać następujące czynności:

- a) prędkości obrotowe i obciążenia badawcze dla badanego silnika należy określić poprzez pomiar maksymalnego momentu obrotowego (dla silników o stałej prędkości obrotowej) lub krzywej maksymalnego momentu obrotowego (dla silników o zmiennej prędkości obrotowej) w funkcji prędkości obrotowej silnika;
- b) znormalizowane cykle badawcze należy zdenormalizować przy użyciu momentu obrotowego (dla silników o stałej prędkości obrotowej) lub prędkości obrotowych i momentów obrotowych (dla silników o zmiennej prędkości obrotowej), wskazanych w poprzedniej lit. a) w pkt 7.5;
- c) silnik, wyposażenie i przyrządy pomiarowe należy przygotować do kolejnego badania emisji lub serii badań (cykl zimnego i gorącego rozruchu) z wyprzedzeniem;
- d) należy wykonać procedury przed badaniem, aby sprawdzić prawidłowe działanie odpowiedniego wyposażenia i analizatorów. Wszystkie analizatory należy wywzorcować. Wszystkie dane sprzed badania należy zapisać;
- e) silnik należy uruchomić (NRTC) lub utrzymywać w stanie pracy (cykle stacjonarne) na początku cyklu badawczego oraz jednocześnie uruchomić układy do pobierania próbek;
- f) emisje i inne wymagane parametry mierzy się lub zapisuje w czasie próbkowania (dla cykli NRTC i cykli stacjonarnych ze zmianami jednostajnymi między fazami) przez cały cykl badawczy;
- g) należy wykonać procedury po przeprowadzeniu badania, aby sprawdzić prawidłowe działanie odpowiedniego wyposażenia i analizatorów;
- h) filtry cząstek stałych należy poddać kondycjonowaniu wstępnemu, zważyć (waga pustego filtra), obciążyć, poddać ponownemu kondycjonowaniu, ponownie zważyć (waga obciążonego filtra), a następnie ocenić próbki zgodnie z procedurami przed wykonaniem (pkt 7.3.1.5) i po (pkt 7.3.2.2) wykonaniu badania;
- i) należy ocenić wyniki badań emisji.

Poniższy diagram zawiera przegląd procedur niezbędnych do przeprowadzenia cykli badania z pomiarem emisji spalin z silnika dla niedrogowych maszyn ruchomych.

Rysunek 7.3

## Sekwencja badania



7.5.1. Uruchamianie i ponowne uruchamianie silnika

7.5.1.1. Rozruch silnika

Silnik należy uruchomić:

- a) zgodnie z zaleceniami instrukcji obsługi, wykorzystując produkcyjny rozrusznik silnika lub układ rozruchu powietrznego oraz odpowiednio naładowany akumulator, odpowiednie źródło energii elektrycznej albo odpowiednie źródło sprężonego powietrza; lub

- b) wykorzystując hamulec dynamometryczny do obrócenia wałem korbowym silnika do chwili jego uruchomienia. Z reguły należy wprawić silnik w ruch przy użyciu  $\pm 25\%$  jego typowej eksploatacyjnej prędkości obrotowej wału korbowego lub uruchomić silnik poprzez liniowe zwiększanie prędkości obrotowej hamulca dynamometrycznego od zera do  $100 \text{ min}^{-1}$  poniżej niskiej prędkości obrotowej biegu jałowego, ale tylko do momentu, kiedy silnik zacznie pracować.

Rozruch korbowy należy przerwać w ciągu 1 s od uruchomienia silnika. Jeżeli silnik nie uruchamia się po 15 s rozruchu korbowego, należy zakończyć tę czynność i ustalić przyczynę niepowodzenia rozruchu, chyba że instrukcja obsługi lub książka serwisowa wskazują jako normalny dłuższy czas rozruchu korbowego.

#### 7.5.1.2. Zgaśnięcie silnika

- a) Jeżeli silnik zgaśnie w dowolnym momencie badania zimnego rozruchu w cyklu NRTC, badanie to uznaje się za nieważne.
- b) Jeżeli silnik zgaśnie w dowolnym momencie badania gorącego rozruchu w cyklu NRTC, badanie to uznaje się za nieważne. Silnik należy poddać wygrzewaniu zgodnie z pkt 7.8.3 i powtórzyć badanie gorącego rozruchu. W takim przypadku nie ma konieczności powtarzania badania zimnego rozruchu.
- c) Jeżeli silnik zgaśnie w dowolnym momencie cyklu stacjonarnego (z fazami dyskretnymi lub ze zmianami jednostajnymi między fazami), badanie uznaje się za nieważne i należy je powtórzyć, zaczynając od procedury rozgrzewania silnika. W przypadku pomiaru cząstek stałych z użyciem metody wielofiltrowej (jeden filtr do pobierania próbek na każdą fazę roboczą), badanie należy kontynuować poprzez ustabilizowanie silnika w poprzedniej fazie w celu kondycjonowania jego temperatury, a następnie rozpoczęcie pomiaru dla tej fazy, dla której zgasł silnik.

#### 7.6. Odwzorowanie charakterystyki silnika

Przed rozpoczęciem odwzorowania charakterystyki silnika silnik należy rozgrzać i pod koniec okresu rozgrzewania użytkować go przez co najmniej 10 minut przy mocy maksymalnej lub zgodnie z zaleceniami producenta oraz właściwą oceną techniczną, tak aby ustabilizować temperatury czynnika chłodzącego silnika i oleju smarowego. Po ustabilizowaniu silnika należy przeprowadzić odwzorowanie charakterystyki silnika.

Za wyjątkiem silników o stałej prędkości obrotowej odwzorowanie charakterystyki silnika przeprowadza się przy całkowicie otwartej dźwigni lub regulatorze przepływu paliwa, stosując dyskretne wartości prędkości obrotowej w kolejności rosnącej. Minimalne i maksymalne prędkości obrotowe przy odwzorowaniu są określone poniżej:

Minimalna prędkość odwzorowania = prędkość biegu jałowego rozgrzanego silnika

Maksymalna prędkość odwzorowania =  $n_{hi} \times 1,02$  lub prędkość, przy której maksymalny moment obrotowy spada do zera, w zależności od tego, która prędkość jest mniejsza;

przy czym  $n_{hi}$  to wysoka prędkość obrotowa, zdefiniowana jako największa prędkość obrotowa silnika, przy której uzyskiwane jest 70 % mocy maksymalnej.

Jeżeli największa prędkość obrotowa jest niebezpieczna lub niereprezentatywna (np. w przypadku silników bez regulatora), należy zastosować właściwą ocenę techniczną, aby odwzorować charakterystykę do maksymalnej bezpiecznej lub maksymalnej reprezentatywnej prędkości obrotowej.

#### 7.6.1. Odwzorowanie charakterystyki silnika dla 8-fazowego cyklu stacjonarnego

W przypadku odwzorowania charakterystyki silnika dla 8-fazowego cyklu stacjonarnego (tylko w przypadku silników, które nie muszą przechodzić badania NRTC) należy zastosować właściwą ocenę techniczną, aby wybrać wystarczającą liczbę (20–30) równomiernie rozmieszczonych punktów ustalonych. W każdym punkcie ustalonym należy ustabilizować prędkość obrotową i umożliwić ustabilizowanie się momentu obrotowego przez co najmniej 15 sekund. W każdym punkcie ustalonym należy odnotować średnią prędkość obrotową i średni moment obrotowy. W razie potrzeby należy zastosować interpolację liniową, aby wyznaczyć wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego do badania 8-fazowego. Jeżeli wyznaczone wartości badawcze prędkości obrotowej i obciążenia nie różnią się o więcej niż  $\pm 2,5\%$  od wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego określonych przez producenta, to należy zastosować wartości prędkości obrotowej i obciążenia określone przez producenta. Jeżeli silniki będą też poddawane badaniu NRTC, to do wyznaczenia prędkości obrotowych i momentów obrotowych do badania stacjonarnego należy wykorzystać krzywą odwzorowania charakterystyki silnika dla NRTC.

#### 7.6.2. Odwzorowanie charakterystyki silnika dla cyklu NRTC

Odwzorowanie charakterystyki silnika przeprowadza się zgodnie z następującą procedurą:

- a) silnik musi być odciążony i pracować z prędkością biegu jałowego:
- (i) w przypadku silników z regulatorem niskich obrotów zapotrzebowanie operatora ustawia się na minimum, wykorzystuje dynamometr lub inne urządzenie obciążające do ustawienia zerowego momentu obrotowego na głównym wale wyjściowym silnika i umożliwia wyregulowanie prędkości obrotowej przez silnik. Taką prędkość biegu jałowego dla rozgrzanego silnika należy zmierzyć;

- (ii) w przypadku silników bez regulatora niskich obrotów dynamometr ustawia się tak, aby uzyskać zerowy moment obrotowy na głównym wale wyjściowym silnika, oraz ustawia zapotrzebowanie operatora tak, aby wyregulować prędkość na poziomie określonej przez producenta najmniejszej możliwej prędkości obrotowej silnika przy minimalnym obciążeniu (znanej również jako określona przez producenta prędkość biegu jałowego dla rozgrzanego silnika);
  - (iii) zadeklarowany przez producenta moment obrotowy biegu jałowego może być wykorzystywany do wszystkich silników o zmiennej prędkości obrotowej (z regulatorem niskich obrotów lub bez), jeżeli moment obrotowy biegu jałowego różny od zera jest reprezentatywny dla normalnej eksploatacji;
- b) zapotrzebowanie operatora ustawia się na wartość maksymalną i reguluje prędkość obrotową silnika tak, aby znajdowała się w przedziale między prędkością biegu jałowego dla rozgrzanego silnika a 95 % tej wartości. W przypadku silników z referencyjnymi cyklami pracy, których najmniejsza prędkość obrotowa jest większa niż prędkość biegu jałowego dla rozgrzanego silnika, odwzorowanie charakterystyki silnika można rozpocząć w punkcie pomiędzy najmniejszą prędkością odniesienia a 95 % wartości tej prędkości;
  - c) prędkość obrotową silnika zwiększa się średnio o  $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$  lub charakterystykę silnika odwzorowuje się za pomocą ciągłej zmiany prędkości obrotowej w stałym tempie, tak aby przejście od minimalnej do maksymalnej prędkości odwzorowania trwało od 4 do 6 min. Zakres prędkości obrotowych odwzorowania musi się zaczynać od wartości odpowiadającej prędkości obrotowej biegu jałowego dla rozgrzanego silnika a 95 % wartości tej prędkości i kończyć się na największej prędkości powyżej mocy maksymalnej, dla której uzyskuje się mniej niż 70 % mocy maksymalnej. Jeżeli taka największa prędkość obrotowa jest niebezpieczna lub niereprezentatywna (np. w przypadku silników bez regulatora), należy zastosować właściwą ocenę techniczną, aby odwzorować charakterystykę do maksymalnej bezpiecznej lub maksymalnej reprezentatywnej prędkości obrotowej. Wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika rejestruje się z częstotliwością próbkowania co najmniej 1 Hz;
  - d) jeżeli producent uważa, że powyższe techniki odwzorowania nie są bezpieczne lub nie są reprezentatywne dla żadnego z rozważanych silników, możliwe jest wykorzystanie innych technik odwzorowania. Te odmienne sposoby muszą spełniać cel opisanej procedury odwzorowania, którym jest określenie maksymalnego dostępnego momentu obrotowego przy wszystkich prędkościach obrotowych występujących w cyklach badania. Odstępstwa od technik odwzorowywania podanych w niniejszym punkcie wprowadzone ze względów bezpieczeństwa lub reprezentatywności muszą być zatwierdzone przez organ udzielający homologacji typu, wraz z uzasadnieniem ich zastosowania. W żadnym razie nie wolno jednak stosować metody ustalania krzywej momentu obrotowego dla malejących prędkości obrotowych silnika w przypadku silników z regulatorem lub z turbodoładowaniem;
  - e) nie ma potrzeby odwzorowywania charakterystyki silnika przed każdym cyklem badania. Silnik należy powtórnie odwzorować, jeżeli:
    - (i) według właściwej oceny technicznej od ostatniego odwzorowania upłynął nadmiernie długi czas; lub
    - (ii) w silniku wprowadzono zmiany fizyczne lub regulacje, co mogło wpłynąć na osiągi silnika; lub
    - (iii) ciśnienie atmosferyczne w pobliżu wlotu powietrza do silnika różni się od wartości odnotowanej przy ostatnim odwzorowaniu charakterystyki silnika o więcej niż  $\pm 5 \text{ kPa}$ .

#### 7.6.3. Odwzorowanie charakterystyki silników o stałej prędkości obrotowej:

- a) silnik może pracować z produkcyjnym regulatorem stałej prędkości obrotowej lub też można symulować regulator stałej prędkości obrotowej poprzez regulację prędkości silnika za pomocą układu sterowania zapotrzebowaniem operatora. Regulator może działać izochronicznie lub na zasadzie spadku prędkości, stosownie do potrzeb;
- b) przy stosowaniu regulatora lub symulowanego regulatora sterującego prędkością przy użyciu zapotrzebowania operatora silnik musi pracować przy wyregulowanej prędkości obrotowej bez obciążenia (na wysokich obrotach, nie na niskich obrotach biegu jałowego) przez co najmniej 15 s;
- c) do zwiększania momentu obrotowego w stałym tempie stosuje się hamulec dynamometryczny. Odwzorowanie wykonuje się w taki sposób, aby czas od regulowanej prędkości bez obciążenia do osiągnięcia maksymalnego momentu obrotowego wynosił 2–4 min. Podczas odwzorowania silnika rzeczywiste wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego rejestruje się z częstotliwością co najmniej 1 Hz;
- d) w przypadku agregatów prądowórczych stosowanych do wytwarzania prądu o częstotliwości 50 Hz i 60 Hz (na przykład przy prędkościach 1 500 i 1 800  $\text{min}^{-1}$ ) silnik należy badać oddzielnie dla obu stałych prędkości.

W przypadku silników o stałej prędkości obrotowej należy skorzystać z właściwej oceny technicznej w celu zastosowania innych metod rejestrowania maksymalnego momentu obrotowego i mocy dla określonych roboczych prędkości obrotowych.

#### 7.7. Odtwarzanie cyklu badawczego

## 7.7.1. Odtwarzanie cykli stacjonarnych (NRSC)

## 7.7.1.1. Prędkość znamionowa i denormalizacyjna

W przypadku silników, które są badane w ramach badania NRSC, jak również w ramach badania NRTC, należy obliczyć prędkość denormalizacyjną zgodnie z procedurą dla badań w stanach nieustalonych (pkt 7.6.2 i 7.7.2.1 oraz rysunek 7.3). W przypadku cyklu stacjonarnego zamiast prędkości znamionowej należy wykorzystać prędkość denormalizacyjną ( $n_{denorm}$ ).

Jeżeli wyliczona prędkość denormalizacyjna ( $n_{denorm}$ ) nie różni się o więcej niż  $\pm 2,5\%$  od prędkości denormalizacyjnej podanej przez producenta, to deklarowana prędkość denormalizacyjna ( $n_{denorm}$ ) może zostać wykorzystana do badania poziomu emisji. Jeżeli tolerancja zostanie przekroczona, do badania poziomu emisji wykorzystuje się wyliczoną prędkość denormalizacyjną ( $n_{denorm}$ ).

W przypadku silników o zmiennej prędkości obrotowej, które nie są badane w ramach badania NRTC, prędkość znamionową z tabel w załączniku 5 do niniejszego regulaminu dla 8-fazowego cyklu z fazami dyskretnymi i pochodnego cyklu ze zmianami jednostajnymi między fazami należy obliczyć zgodnie z procedurą cyklu stacjonarnego (pkt 7.6.1 oraz rysunek 7.3). Prędkość znamionowa została określona w pkt 2.1.69.

W przypadku silników o stałej prędkości obrotowej prędkość znamionowa oraz prędkość regulowana przez silnik z tabel w załączniku 5 do niniejszego regulaminu dla 5-fazowego cyklu z fazami dyskretnymi i pochodnego cyklu ze zmianami jednostajnymi między fazami odpowiada prędkości określonej w pkt 2.1.30 i 2.1.69.

## 7.7.1.2. Odtwarzanie 8-fazowego cyklu stacjonarnego (z fazami dyskretnymi i ze zmianami jednostajnymi między fazami)

Pośrednią prędkość obrotową wyznacza się z obliczeń zgodnie z jej definicją (zob. pkt 2.1.42). Zgodnie z pkt 7.7.1.1 w przypadku silników, które są badane w ramach badania NRSC, jak również w ramach badania NRTC, przy wyznaczaniu pośredniej prędkości obrotowej zamiast prędkości znamionowej należy wykorzystać prędkość denormalizacyjną ( $n_{denorm}$ ).

Ustawienia silnika dla każdej fazy badania oblicza się za pomocą następującego wzoru:

$$S = ((P_{max} + P_{AUX}) \cdot \frac{L}{100}) - P_{AUX} \quad (7-1)$$

gdzie:

$S$  = ustawienie hamulca dynamometrycznego w kW

$P_{max}$  = maksymalna zaobserwowana lub zadeklarowana moc dla badawczej prędkości obrotowej w warunkach badania (określona przez producenta) w kW

$P_{AUX}$  = deklarowana całkowita moc pobierana przez urządzenia pomocnicze zamontowane do badania (zob. pkt 6.3) przy prędkości badawczej, w kW

$L$  = % momentu obrotowego

Podczas cyklu badawczego silnik musi pracować przy wartościach prędkości obrotowej i momentu obrotowego określonych w załączniku 5.

Maksymalne odwzorowane wartości momentu obrotowego dla określonych wartości badawczych prędkości obrotowej wyznacza się z krzywej odwzorowania charakterystyki (zob. pkt 7.6.1 lub 7.6.2). „Zmierzone” wartości to albo wartości zmierzone bezpośrednio podczas procesu odwzorowania charakterystyki silnika, albo określone z odwzorowania charakterystyki silnika. Wartości „zadeklarowane” to wartości określone przez producenta. Jeżeli dostępne są zarówno wartości zmierzone, jak i zadeklarowane, to można użyć wartości zadeklarowanych zamiast zmierzonych wartości momentu obrotowego, jeżeli nie różnią się one o więcej niż  $\pm 2,5\%$ . W przeciwnym razie należy użyć zmierzonych wartości momentu obrotowego określonych z odwzorowania charakterystyki silnika.

## 7.7.1.3. Odtwarzanie 5-fazowego cyklu stacjonarnego (z fazami dyskretnymi i ze zmianami jednostajnymi między fazami)

Podczas cyklu badawczego silnik musi pracować przy wartościach prędkości obrotowej i momentu obrotowego określonych w załączniku 5.

Do odtworzenia 5-fazowego cyklu badawczego wykorzystuje się maksymalną wartość momentu obrotowego dla danej znamionowej prędkości obrotowej określoną z odwzorowania charakterystyki (zob. pkt 7.7.1.1). Można zadeklarować minimalny moment obrotowy dla rozrzanego silnika, który jest reprezentatywny dla normalnej eksploatacji. Na przykład, jeżeli silnik jest typowo podłączony do maszyny, która nie pracuje poniżej pewnego minimalnego momentu obrotowego, to taki moment obrotowy może być zadeklarowany i wykorzystywany do odtworzenia cyklu. Jeżeli do celów odtworzenia cyklu dostępne są zarówno zmierzone, jak i zadeklarowane wartości maksymalnego badawczego momentu obrotowego, wartość zadeklarowana może zostać wykorzystana zamiast wartości zmierzonej, jeżeli mieści się w zakresie 95–100 % wartości zmierzonej.



Wartości momentu obrotowego wyrażone są jako procent momentu obrotowego odpowiadającego podstawowej mocy (<sup>1</sup>) znamionowej. Moc podstawowa definiowana jest jako moc maksymalna możliwa do uzyskania podczas zmiennej sekwencji mocy, którą można uzyskiwać w czasie nielimitowanej liczby godzin pracy w ciągu roku, między ustalonymi przeglądami technicznymi i w określonych warunkach otoczenia. Konserwację przeprowadza się zgodnie z zaleceniami producenta.

#### 7.7.2. Odtwarzanie cyklu niestacjonarnego (denormalizacja NRTC)

W załączniku 5 określono odpowiednie cykle badania w znormalizowanym formacie. Znormalizowany cykl badawczy składa się z sekwencji sparowanych wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego wyrażonych w procentach.

Znormalizowane wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego należy przekształcić zgodnie z poniższymi zasadami:

- prędkość znormalizowaną należy przekształcić na sekwencję prędkości odniesienia,  $n_{ref}$ , zgodnie z pkt 7.7.2.2;
- znormalizowany moment obrotowy jest wyrażony jako procent momentu obrotowego dla danej prędkości obrotowej odniesienia, określonego z odwzorowania charakterystyki. Te znormalizowane wartości należy przekształcić na sekwencję momentów obrotowych odniesienia,  $T_{ref}$ , zgodnie z pkt 7.7.2.3;
- wartości prędkości obrotowej odniesienia i momentu obrotowego odniesienia wyrażone w spójnych jednostkach należy pomnożyć w celu obliczenia wartości mocy odniesienia.

#### 7.7.2.1. Prędkość denormalizacyjna ( $n_{denorm}$ )

Prędkość denormalizacyjną ( $n_{denorm}$ ) dobiera się tak, aby odpowiadała 100 % znormalizowanej wartości prędkości określonej w tablicy obciążeń hamulca dynamometrycznego w załączniku 5. Cykl odniesienia silnika wynikający z denormalizacji do prędkości obrotowej odniesienia zależy od doboru właściwej prędkości denormalizacyjnej ( $n_{denorm}$ ). Do obliczania prędkości denormalizacyjnej ( $n_{denorm}$ ), uzyskanej ze zmierzonej krzywej odwzorowania, można zastosować jeden z następujących równoważnych wzorów, w porozumieniu z organami udzielającymi homologacji typu:

$$a) \quad n_{denorm} = n_{lo} + 0,95 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (7-2)$$

gdzie:

$n_{denorm}$  = prędkość denormalizacyjna

$n_{hi}$  = wysoka prędkość obrotowa (zob. pkt 2.1.40)

$n_{lo}$  = niska prędkość obrotowa (zob. pkt 2.1.44)

- $n_{denorm}$  odpowiadająca najdłuższemu wektorowi zdefiniowana jako:

$$n_{denorm} = n_i \text{ at the maximum of } (n_{normi}^2 + P_{normi}^2) \quad (7-3)$$

gdzie:

$i$  = zmienna indeksowa reprezentująca jedną zarejestrowaną wartość z odwzorowania charakterystyki silnika

$n_{normi}$  = prędkość obrotowa silnika znormalizowana poprzez podzielenie jej przez  $n_{Pmax}$

$P_{normi}$  = moc silnika znormalizowana poprzez podzielenie jej przez  $P_{max}$

Należy zauważyć, że jeżeli znaleziono kilka wartości maksymalnych, to prędkość denormalizacyjną ( $n_{denorm}$ ) należy przyjąć jako najmniejszą prędkość obrotową dla wszystkich punktów o tej samej maksymalnej sumie kwadratów. Można użyć większej zadeklarowanej prędkości obrotowej, jeżeli długość wektora przy zadeklarowanej prędkości nie różni się o więcej niż 2 % od długości wektora dla wartości zmierzonej.

Jeżeli część spadkowa krzywej pełnego obciążenia ma bardzo stromą krawędź, to może to utrudniać prawidłowe osiągnięcie prędkości wynoszących 105 % w cyklu badawczym NRTC. W takim przypadku, za uprzednią zgodą organów udzielających homologacji typu lub organów certyfikacyjnych, dopuszcza się nieznaczne zmniejszenie prędkości denormalizacyjnej ( $n_{denorm}$ ) o nie więcej niż 3 %, aby umożliwić prawidłowe osiągnięcie prędkości obrotowych w badaniu NRTC.

<sup>(1)</sup> Aby lepiej zrozumieć definicję mocy podstawowej, należy zapoznać się z rysunkiem 2 normy ISO 8528-1:2005.

Jeżeli zmierzona prędkość denormalizacyjna ( $n_{denorm}$ ) nie różni się o więcej niż  $\pm 3\%$  od prędkości denormalizacyjnej podanej przez producenta, to deklarowana prędkość denormalizacyjna ( $n_{denorm}$ ) może zostać wykorzystana do badania poziomu emisji. Jeżeli tolerancja zostanie przekroczona, do badania poziomu emisji wykorzystuje się zmierzoną prędkość denormalizacyjną ( $n_{denorm}$ ).

#### 7.7.2.2. Denormalizacja prędkości obrotowej silnika

Prędkość obrotową silnika należy zdenormalizować przy użyciu następującego równania:

$$n_{ref} = \frac{\%speed \cdot (n_{denorm} - n_{idle})}{100} + n_{idle} \quad (7-4)$$

gdzie:

$n_{ref}$  = prędkość obrotowa odniesienia

$n_{denorm}$  = prędkość denormalizacyjna

$n_{idle}$  = prędkość biegu jałowego

$\%speed$  = stabelaryzowana prędkość znormalizowana do NRTC

#### 7.7.2.3. Denormalizacja momentu obrotowego silnika

Wartości momentu obrotowego określone w tabeli obciążeń dynamometru silnika w pkt 1.3 załącznika 5 są znormalizowane w odniesieniu do maksymalnego momentu obrotowego przy odpowiadającej prędkości obrotowej. Wartości momentu obrotowego cyklu odniesienia należy zdenormalizować w następujący sposób, stosując krzywą odwzorowania wyznaczoną zgodnie z pkt 7.6.2 w następujący sposób:

$$T_{ref} = \frac{\%momentu\ obrotowego\ x\ maks.\ moment\ obrotowy}{100} \quad (7-5)$$

dla odpowiedniej prędkości obrotowej odniesienia określonej w pkt 7.7.2.2.

#### 7.7.2.4. Przykład procedury denormalizacji

W ramach przykładu zdenormalizowany zostanie następujący punkt badania:

% prędkości = 43 %

% momentu obrotowego = 82 %

Przy następujących wartościach:

$n_{denorm} = 2\,200\ \text{min}^{-1}$

$n_{idle} = 600\ \text{min}^{-1}$

daje to:

$$n_{ref} = \frac{43 \cdot (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288\ \text{min}^{-1}$$

gdzie maksymalny moment obrotowy określony z krzywej odwzorowania przy  $1\,288\ \text{min}^{-1}$  wynosi 700 Nm.

$$T_{ref} = \frac{82 \times 700}{100} = 574\ \text{Nm}$$

### 7.8. Procedura przebiegu poszczególnych cykli badawczych

#### 7.8.1. Sekwencja badania emisji dla cykli stacjonarnych z fazami dyskretnymi

##### 7.8.1.1. Rozgrzewanie silnika dla cykli stacjonarnych z fazami dyskretnymi

W celu kondycjonowania wstępnego silnika należy rozgrzać zgodnie z zaleceniami producenta oraz właściwą oceną techniczną. Zanim rozpocznie się pobieranie próbek emisji, silnik musi pracować do ustabilizowania się temperatur w silniku (cieczy chłodzącej i oleju smarowego), z reguły przez co najmniej 10 minut, w warunkach fazy 1 (przy 100 % momentu obrotowego i prędkości znamionowej dla 8-fazowego cyklu badawczego lub przy znamionowej lub nominalnej stałej prędkości obrotowej silnika i 100 % momentu obrotowego dla 5-fazowego cyklu badawczego).

Począwszy niezwłocznie od tego punktu kondycjonowania silnika, należy rozpocząć pomiary w cyklu badawczym. Należy wykonać czynności przed badaniem zgodnie z pkt 7.3.1, w tym wzorcowanie analizatora.

#### 7.8.1.2. Wykonywanie cykli badania z fazami dyskretnymi

- a) Badanie wykonuje się w rosnącym porządku numerów faz, jak określono dla danego cyklu badawczego (zob. załącznik 5);
- b) długość każdej fazy wynosi co najmniej 10 minut. W każdej fazie silnik należy ustabilizować przez co najmniej 5 minut i wykonać pobieranie próbek emisji w ciągu 1–3 minut pod koniec każdej fazy. Dozwolony jest wydłużony czas pobierania próbek w celu zwiększenia dokładności pobierania próbek cząstek stałych.

Długość fazy należy odnotować i umieścić w sprawozdaniu;

- c) pobieranie próbek cząstek stałych można wykonać za pomocą metody jednofiltrowej lub wielofiltrowej. Ponieważ wyniki tych metod mogą się od siebie nieco różnić, w wynikach należy określić zastosowaną metodę.

W przypadku metody jednofiltrowej podczas próbkowania należy uwzględnić współczynniki wagowe dla każdej z faz określone w procedurze cyklu badawczego oraz rzeczywiste natężenie przepływu spalin, poprzez ustawienie, odpowiednio, natężenia przepływu próbki lub czasu próbkowania. Wymagane jest, aby efektywny współczynnik wagowy dla pobierania próbek cząstek stałych nie różnił o więcej niż  $\pm 0,003$  od współczynnika wagowego dla danej fazy.

Próbkowanie należy przeprowadzać w każdej fazie możliwie najpóźniej. Dla metody jednofiltrowej zakończenie pobierania próbek cząstek stałych musi wystąpić jednocześnie, w granicach  $\pm 5$  s, z zakończeniem pomiarów emisji gazowych. Czas próbkowania dla każdej z faz musi wynosić co najmniej 20 s dla metody jednofiltrowej i co najmniej 60 s dla metody wielofiltrowej. W przypadku układów bez bocznikowania czas próbkowania dla każdej z faz musi wynosić co najmniej 60 s dla obydwu metod jednofiltrowej i wielofiltrowej;

- d) dla każdej fazy mierzy się prędkość obrotową i obciążenie silnika, temperaturę powietrza dolotowego, przepływ paliwa i przepływ powietrza lub spalin w trakcie tego samego przedziału czasowego, który jest wykorzystywany do pomiaru stężeń gazowych.

Odnotowuje się wszelkie dodatkowe dane niezbędne do przeprowadzenia obliczeń;

- e) jeżeli silnik zgaśnie lub pobieranie próbek emisji zostanie przerwane w dowolnym momencie po rozpoczęciu pobierania próbek emisji w przypadku fazy dyskretny i metody jednofiltrowej, badanie uznaje się za nieważne i należy je powtórzyć, zaczynając od procedury rozgrzewania silnika. W przypadku pomiaru cząstek stałych z użyciem metody wielofiltrowej (jeden filtr do pobierania próbek na każdą fazę roboczą), badanie należy kontynuować poprzez ustabilizowanie silnika w poprzedniej fazie w celu kondycjonowania jego temperatury, a następnie rozpoczęcie pomiaru dla tej fazy, w której zgasł silnik;

- f) Należy wykonać czynności po badaniu zgodnie z pkt 7.3.2.

#### 7.8.1.3. Kryteria walidacji

W czasie każdej fazy danego cyklu stacjonarnego, po zakończeniu początkowego okresu przejściowego, zmierzona prędkość obrotowa nie może się różnić od prędkości odniesienia o więcej niż  $\pm 1$  % prędkości znamionowej lub  $\pm 3 \text{ min}^{-1}$ , w zależności od tego, która wartość jest większa, za wyjątkiem prędkości obrotowej biegu jałowego, która musi mieścić się w granicach tolerancji określonych przez producenta. Zmierzony moment obrotowy nie może się różnić od momentu obrotowego odniesienia o więcej niż  $\pm 2$  % maksymalnego momentu obrotowego dla prędkości badawczej.

#### 7.8.2. Cykle badawcze ze zmianami jednostajnymi między fazami

##### 7.8.2.1. Rozgrzewanie silnika

Przed rozpoczęciem cyklu stacjonarnego ze zmianami jednostajnymi między fazami (RMC) silnik musi zostać rozgrzany i pracować do ustabilizowania się temperatur w silniku (cieczy chłodzącej i oleju smarowego) przy 50 % prędkości obrotowej i 50% momentu obrotowego dla cyklu RMC (wywodzącego się z 8-fazowego cyklu badawczego) oraz przy znamionowej lub nominalnej prędkości obrotowej silnika i 50 % momentu obrotowego dla cyklu RMC (wywodzącego się z 5-fazowego cyklu badawczego). Niezwłocznie po wykonaniu tej procedury kondycjonowania silnika należy przeprowadzić liniową zmianę jednostajną prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika w czasie  $20 \pm 1$  s do osiągnięcia pierwszej fazy badania. W ciągu 5–10 s od zakończenia zmiany jednostajnej należy rozpocząć pomiar w cyklu badawczym.

## 7.8.2.2. Wykonanie cyklu badawczego ze zmianami jednostajnymi między fazami

Cykle ze zmianami jednostajnymi między fazami wywodzące się z 8-fazowego i 5-fazowego cyklu badawczego zostały przedstawione w załączniku 5.

W każdej fazie silnik musi pracować przez wyznaczony czas. Przejście od jednej fazy do następnej odbywa się liniowo w czasie  $20 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$  z zachowaniem tolerancji określonych w pkt 7.8.2.4 (zob. załącznik 5).

W przypadku cykli ze zmianami jednostajnymi między fazami wartości prędkości obrotowej odniesienia i momentu obrotowego odniesienia należy wygenerować z minimalną częstotliwością 1 Hz i tę sekwencję punktów należy zastosować do przeprowadzenia cyklu. W czasie przejść między fazami zdenormalizowane wartości prędkości obrotowej odniesienia i momentu obrotowego odniesienia należy wyznaczyć liniowo między fazami w celu otrzymania punktów odniesienia. Znormalizowanych wartości momentu obrotowego odniesienia nie należy wyznaczać liniowo między fazami i denormalizować. Jeżeli linia jednostajnej zmiany prędkości obrotowej i momentu obrotowego przebiega przez punkt znajdujący się powyżej krzywej momentu obrotowego silnika, kontynuuje się zadawanie momentów obrotowych odniesienia i dopuszcza doprowadzenie zapotrzebowania operatora do wartości maksymalnej.

W ciągu całego cyklu badawczego RMC (podczas każdej z faz włącznie ze zmianami jednostajnymi między fazami) mierzy się wartości stężeń każdego z zanieczyszczeń gazowych i pobiera próbki cząstek stałych. Zanieczyszczenia gazowe mogą być mierzone w stanie nierozcieńczonym lub rozcieńczonym i rejestrowane w sposób ciągły; w przypadku rozcieńczenia mogą być też gromadzone w worku do pobierania próbek. Próbkę cząstek stałych rozcieńcza się czystym powietrzem kondycjonowanym. W toku pełnej procedury badania pobiera się jedną próbkę gromadzoną na jednym filtrze do pobierania próbek cząstek stałych.

W celu obliczenia emisji jednostkowych oblicza się rzeczywistą pracę silnika w cyklu poprzez całkowanie rzeczywistej mocy silnika w całym cyklu.

## 7.8.2.3. Sekwencja badania emisji:

- Wykonywanie cyklu RMC, pobieranie próbek cząstek stałych, rejestrowanie danych i całkowanie mierzonych wartości rozpoczyna się jednocześnie;
- prędkość obrotową i moment obrotowy reguluje się do pierwszej fazy w cyklu badawczym;
- jeżeli silnik zgaśnie w dowolnym momencie wykonywania RMC, badanie uznaje się za nieważne. Silnik należy poddać kondycjonowaniu wstępnemu i powtórzyć badanie;
- po zakończeniu cyklu RMC należy kontynuować pobieranie próbek, za wyjątkiem próbek cząstek stałych, utrzymując działanie wszystkich systemów, tak aby upłynął czas odpowiedzi systemu. Następnie należy zatrzymać wszelkie próbkowanie i rejestrowanie danych, w tym rejestrowanie danych dotyczących próbek tła. Na koniec należy zatrzymać wszystkie urządzenia całkujące i odnotować zakończenie cyklu badawczego w rejestrowanych danych;
- należy wykonać czynności po badaniu zgodnie z pkt 7.4.

## 7.8.2.4. Kryteria walidacji

Walidację badań RMC wykonuje się za pomocą analizy metodą regresji opisanej w pkt 7.8.3.3 i 7.8.3.5. Dozwolone tolerancje dla RMC podano w poniższej tabeli 7.1. Należy zauważyć, że tolerancje dla RMC różnią się od tolerancji dla NRTC z tabeli 7.2.

Tabela 7.1

## Wartości tolerancji linii regresji dla RMC

|  | Prędkość obrotowa                         | Moment obrotowy   | Moc   |
|--|---|---|---|
| Błąd standardowy szacunku (SEE) $y$ względem $x$           | maks. 1 % znamionowej prędkości obrotowej | maks. 2 % maksymalnego momentu obrotowego silnika   | maks. 2 % maksymalnej mocy silnika  |
| Nachylenie linii regresji, $a_1$                           | 0,99 do 1,01                              | 0,98 do 1,02  | 0,98 do 1,02  |
| Współczynnik determinacji, $r^2$                           | min. 0,990                                | min. 0,950  | min. 0,950  |
| Rzędna punktu przecięcia linii regresji z osią $y$ , $a_0$ | $\pm 1$ % znamionowej prędkości obrotowej | $\pm 20$ Nm lub $\pm 2$ % maksymalnego momentu obrotowego, w zależności od tego, która wartość jest większa | $\pm 4$ kW lub $\pm 2$ % maksymalnej mocy, w zależności od tego, która wartość jest większa |

Jeżeli badanie RMC nie jest wykonywane na stanowisku badawczym do stanów nieustalonych i niedostępne są cosekundowe wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego, stosuje się następujące kryteria walidacji.

Wymagania dotyczące tolerancji dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego dla każdej fazy podano w pkt 7.8.1.3. W odniesieniu do 20-sekundowych liniowych zmian prędkości obrotowej i liniowych zmian momentu obrotowego pomiędzy poszczególnymi fazami stacjonarnego badania RMC (pkt 7.4.1.2) stosuje się następujące tolerancje dla prędkości obrotowej i obciążenia przy zmianie jednostajnej: prędkość obrotową utrzymuje się liniowo na poziomie znamionowej prędkości obrotowej  $\pm 2\%$ . Moment obrotowy utrzymuje się liniowo na poziomie maksymalnego momentu obrotowego dla prędkości znamionowej  $\pm 5\%$ .

#### 7.8.3. Cykl niestacjonarny (NRTC)

W celu przeprowadzenia cyklu niestacjonarnego instrukcje do ustawiania prędkości obrotowej odniesienia i momentu obrotowego odniesienia muszą następować sekwencyjnie. Instrukcje do ustawiania prędkości obrotowej i momentu obrotowego muszą być wydawane z częstotliwością co najmniej 5 Hz. Ponieważ częstotliwość cyklu odniesienia została określona na 1 Hz, wartości ustawienia prędkości obrotowej i momentu obrotowego w punktach pośrednich oblicza się na zasadzie interpolacji liniowej z wartości momentu obrotowego odniesienia uzyskanych przy odtwarzaniu cyklu.

Niewielkie wartości prędkości zdenormalizowanej zbliżone do prędkości biegu jałowego w stanie rozgrzanym mogą spowodować uruchomienie regulatorów niskich obrotów biegu jałowego i tym samym przekroczenie przez moment obrotowy silnika wartości momentu obrotowego odniesienia, chociaż zapotrzebowanie operatora pozostaje na minimalnym poziomie. W takich przypadkach zaleca się takie sterowanie hamulcem dynamometrycznym, aby podążał za momentem obrotowym odniesienia zamiast za prędkością obrotową odniesienia i umożliwiał regulowanie prędkości obrotowej przez silnik.

W warunkach zimnego rozruchu silniki mogą wykorzystywać urządzenie przyspieszające obroty biegu jałowego w celu szybkiego rozgrzania silnika i układów oczyszczania spalin. W takich warunkach bardzo małe wartości prędkości znormalizowanej będą generować prędkości obrotowe odniesienia o wartościach mniejszych niż taka przyśpieszona prędkość biegu jałowego. W takich przypadkach zaleca się takie sterowanie hamulcem dynamometrycznym, aby podążał za momentem obrotowym odniesienia i umożliwiał regulowanie prędkości obrotowej przez silnik, kiedy zapotrzebowanie operatora znajduje się na poziomie minimalnym.

Podczas badania emisji wartości odniesienia oraz sygnały sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego rejestruje się z częstotliwością co najmniej 1 Hz, a najlepiej 5 Hz lub nawet 10 Hz. Taka większa częstotliwość rejestrowania jest istotna, ponieważ zmniejsza niekorzystny efekt zwłoki czasowej między wartościami odniesienia a zmierzonymi sygnałami sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego.

Wartości odniesienia i wartości z sygnałów sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego mogą być rejestrowane z mniejszą częstotliwością (nawet 1 Hz), jeżeli zapisuje się średnie wartości w przedziale czasu między zarejestrowanymi wartościami. Wartości średnie oblicza się na podstawie wartości z sygnałów sprzężenia zwrotnego aktualizowanych z częstotliwością co najmniej 5 Hz. Te zarejestrowane wartości wykorzystuje się do obliczania statystyk do walidacji badania oraz pracy całkowitej.

#### 7.8.3.1. Kondycjonowanie wstępne silnika

Aby spełnić warunki stabilności dla poniższego badania emisji, układ pobierania próbek i silnik należy poddać kondycjonowaniu wstępnemu, które polega albo na przeprowadzeniu pełnego wstępnego cyklu NRTC, albo na przeprowadzeniu silnika i układów pomiarowych przez warunki zbliżone do faktycznego cyklu badawczego. Jeżeli poprzedzające badanie było również badaniem NRTC w cyklu gorącego rozruchu, to dodatkowe kondycjonowanie nie jest potrzebne.

Można zastosować procedurę naturalnego lub wymuszonego chłodzenia. W przypadku wymuszonego chłodzenia stosuje się właściwą ocenę techniczną w celu przygotowania układu nawiewającego chłodzące powietrze w stronę silnika, tłoczącego zimny olej przez układ smarowania silnika, odprowadzającego ciepło z płynu chłodzącego w układzie chłodzenia silnika oraz odprowadzającego ciepło z układu oczyszczania spalin. W przypadku wymuszonego chłodzenia układu oczyszczania spalin powietrze chłodzące nie może być zastosowane, dopóki układ nie ochłodzi się poniżej swojej temperatury aktywacji katalizatora. Niedozwolone są wszelkie procedury chłodzenia, w wyniku których poziom emisji silnika nie jest reprezentatywny.

Należy wykonać czynności przed badaniem zgodnie z pkt 7.3.1, w tym wzorcowanie analizatora.

#### 7.8.3.2. Wykonanie cyklu niestacjonarnego NRTC

Badanie rozpoczyna się w następujący sposób:

Sekwencja badania zaczyna się bezpośrednio po uruchomieniu silnika ze stanu ochłodzonego w przypadku badania NRTC w cyklu zimnego rozruchu lub ze stanu wygrzewania w przypadku badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu. Należy stosować się do odpowiednich instrukcji (załącznik 5).

Rejestrowanie danych, pobieranie próbek spalin oraz całkowanie mierzonych wartości rozpoczyna się jednocześnie z uruchomieniem silnika. Cykl badania rozpoczyna się z chwilą uruchomienia silnika i jest wykonywany zgodnie z programem z załącznika 5.

Po zakończeniu cyklu należy kontynuować pobieranie próbek, utrzymując działanie wszystkich systemów, tak aby upłynął czas odpowiedzi systemu. Następnie należy zatrzymać wszelkie próbki i rejestrowanie danych, w tym rejestrowanie danych dotyczących próbek tła. Na koniec należy zatrzymać wszystkie urządzenia całkujące i odnotować zakończenie cyklu badawczego w rejestrowanych danych.

Należy wykonać czynności po badaniu zgodnie z pkt 7.3.2.

#### 7.8.3.3. Kryteria walidacji cyklu niestacjonarnego

Aby sprawdzić ważność badania, do wartości odniesienia i wartości z sygnałów sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej, momentu obrotowego, mocy i pracy całkowitej stosuje się kryteria walidacji cyklu określone w niniejszym punkcie.

#### 7.8.3.4. Obliczanie pracy w cyklu

Przed obliczeniem pracy w cyklu należy pominąć wszystkie wartości prędkości obrotowej i momentu obrotowego zarejestrowane przy uruchamianiu silnika. Punkty o ujemnej wartości momentu obrotowego przyjmuje się jako pracę równą zero. Rzeczywistą pracę w cyklu  $W_{act}$  (kWh) oblicza się na podstawie wartości sygnałów sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika. Pracę w cyklu odniesienia  $W_{ref}$  (kWh) oblicza się na podstawie wartości odniesienia dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika. Rzeczywistą pracę w cyklu  $W_{act}$  wykorzystuje się do porównania z pracą w cyklu odniesienia  $W_{ref}$  oraz do obliczenia emisji jednostkowych (zob. pkt 7.2).

Wartość  $W_{act}$  musi się zawierać w przedziale od 85 % do 105 % wartości  $W_{ref}$ .

#### 7.8.3.5. Statystyki do walidacji (zob. załącznik 4B, dodatek A.2)

Należy przeprowadzić analizę regresji liniowej między wartościami odniesienia a wartościami sygnału sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej, momentu obrotowego i mocy.

W celu minimalizacji niekorzystnego efektu zwłoki czasowej między wartościami odniesienia a wartościami sprzężenia zwrotnego w cyklu, cała sekwencja sygnałów sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika może być przyspieszona lub opóźniona w czasie w stosunku do sekwencji wartości odniesienia tych parametrów. Jeżeli sygnały sprzężenia zwrotnego są przesunięte, to prędkość obrotowa i moment obrotowy muszą być także przesunięte o tę samą wartość w tym samym kierunku.

Stosuje się metodę najmniejszych kwadratów o równaniu wyjściowym w postaci:

$$y = a_1x + a_0 \quad (7-6)$$

gdzie:

$y$  = wartość sygnału sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej ( $\text{min}^{-1}$ ), momentu obrotowego (Nm) lub mocy (kW)

$a_1$  = nachylenie linii regresji

$x$  = wartość odniesienia prędkości obrotowej ( $\text{min}^{-1}$ ), momentu obrotowego (Nm) lub mocy (kW)

$a_0$  = rzędna punktu przecięcia linii regresji z osią  $y$

Standardowy błąd szacunku (SEE) dla  $y$  względem  $x$  i współczynnik determinacji ( $r^2$ ) oblicza się dla każdej linii regresji (załącznik 4B, dodatek A.2).

Zaleca się, aby analizę tę wykonać przy częstotliwości 1 Hz. Aby badanie można było uznać za ważne, muszą być spełnione kryteria podane w tabeli 7.2 w niniejszym punkcie.

Tabela 7.2

#### Wartości tolerancji linii regresji

|  | Prędkość obrotowa                                      | Moment obrotowy   | Moc   |
|--|--|---|---|
| Błąd standardowy szacunku (SEE) $y$ względem $x$           | $\leq 5,0$ % maksymalnej prędkości obrotowej w badaniu | $\leq 10,0$ % maksymalnego momentu obrotowego według odwzorowania charakterystyki                           | $\leq 10,0$ % maksymalnej mocy według odwzorowania charakterystyki                          |
| Nachylenie linii regresji, $a_1$                           | 0,95 do 1,03   | 0,83 do 1,03  | 0,89 do 1,03  |
| Współczynnik determinacji, $r^2$                           | min. 0,970   | min. 0,850  | min. 0,910  |
| Rzędna punktu przecięcia linii regresji z osią $y$ , $a_0$ | $\leq 10$ % prędkości obrotowej biegu jałowego         | $\pm 20$ Nm lub $\pm 2$ % maksymalnego momentu obrotowego, w zależności od tego, która wartość jest większa | $\pm 4$ kW lub $\pm 2$ % maksymalnej mocy, w zależności od tego, która wartość jest większa |

Wyłącznie do celów obliczenia regresji dopuszczalne jest usunięcie punktów przed tym obliczeniem, jeżeli przewiduje to tabela 7.3 w niniejszym punkcie. Punktów tych nie można jednak usuwać przy obliczaniu pracy w cyklu i emisji. Punkt biegu jałowego definiuje się jako punkt, w którym znormalizowany moment obrotowy odniesienia jest równy 0 % i znormalizowana prędkość obrotowa odniesienia jest również równa 0 %. Usuwanie punktów można zastosować do całości lub części cyklu; należy wymienić punkty, które zostały usunięte.

Tabela 7.3

**Punkty, których usunięcie z analizy metodą regresji jest dozwolone**

| Zdarzenie  | Warunki (n = prędkość obrotowa silnika, T = moment obrotowy)  | Punkty, których usunięcie jest dozwolone           |
|--|---|--|
| Minimalne zapotrzebowanie operatora (punkt biegu jałowego) | $n_{ref} = n_{idle}$<br>oraz<br>$T_{ref} = 0$<br>oraz<br>$T_{act} > (T_{ref} - 0,02 T_{maks.mom.odwzor.})$<br>oraz<br>$T_{act} < (T_{ref} + 0,02 T_{maks.mom.odwzor.})$   | prędkość obrotowa i moc                            |
| Minimalne zapotrzebowanie operatora                        | $n_{act} \leq 1,02 n_{ref}$ oraz $T_{act} > T_{ref}$<br>lub<br>$n_{act} > n_{ref}$ oraz $T_{act} \leq T_{ref}$<br>lub<br>$n_{act} > 1,02 n_{ref}$ oraz $T_{ref} < T_{act} \leq (T_{ref} + 0,02 T_{maks.mom.odwzor.})$ | moc i albo moment obrotowy, albo prędkość obrotowa |
| Maksymalne zapotrzebowanie operatora                       | $n_{act} < n_{ref}$ oraz $T_{act} \geq T_{ref}$<br>lub<br>$n_{act} \geq 0,98 n_{ref}$ oraz $T_{act} < T_{ref}$<br>lub<br>$n_{act} < 0,98 n_{ref}$ oraz $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0,02 T_{maks.mom.odwzor.})$ | moc i albo moment obrotowy, albo prędkość obrotowa |

## 8. PROCEDURY POMIAROWE

## 8.1. Wzorcowanie i kontrola działania

## 8.1.1. Wprowadzenie

W niniejszym punkcie opisano wymagane wzorcowania i weryfikacje układów pomiarowych. W pkt 9.4 można znaleźć specyfikacje dotyczące poszczególnych przyrządów.

Czynności wzorcowania lub weryfikacji wykonuje się zasadniczo dla całego łańcucha pomiarów.

Jeżeli dla danej części układu pomiarowego wzorcowanie lub weryfikacja nie zostały określone, tę część układu należy wzorcować i jej działanie sprawdzać z częstotliwością spójną z zaleceniami producenta układu pomiarowego i z właściwą oceną techniczną.

W celu przestrzegania tolerancji określonych dla wzorcowania i weryfikacji należy stosować uznane normy międzynarodowe.

## 8.1.2. Podsumowanie wzorcowania i weryfikacji

W tabeli 8.1 podsumowano wzorcowania i weryfikacje opisane w pkt 8 i określono, kiedy mają być wykonywane.

Tabela 8.1

**Podsumowanie wzorcowania i weryfikacji**

| Typ wzorcowania lub weryfikacji          | Minimalna częstotliwość (*)   |
|--|---|
| 8.1.3: Dokładność, powtarzalność i szumy | Dokładność: niewymagane, ale zalecane przy pierwszej instalacji.<br>Powtarzalność: niewymagane, ale zalecane przy pierwszej instalacji.<br>Szum: niewymagane, ale zalecane przy pierwszej instalacji. |

| Typ wzorcowania lub weryfikacji  | Minimalna częstotliwość (*)   |
|--|---|
| 8.1.4: Liniowość   | <p>Prędkość obrotowa: przy pierwszej instalacji, w ciągu 370 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.</p> <p>Moment obrotowy: przy pierwszej instalacji, w ciągu 370 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.</p> <p>Przepływ czystego gazu i rozcieńczonych spalin: przy pierwszej instalacji, w ciągu 370 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych, chyba że przepływ sprawdza się za pomocą próby propanowej lub bilansu węgla lub tlenu.</p> <p>Przepływ nierozcieńczonych spalin: przy pierwszej instalacji, w ciągu 185 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych, chyba że przepływ sprawdza się za pomocą próby propanowej lub bilansu węgla lub tlenu.</p> <p>Analizatory gazów: przy pierwszej instalacji, w ciągu 35 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.</p> <p>Waga do cząstek stałych: przy pierwszej instalacji, w ciągu 370 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.</p> <p>Autonomiczne wartości ciśnienia i temperatury: przy pierwszej instalacji, w ciągu 370 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.</p> |
| 8.1.5: Odpowiedź układu analizatora ciągłego gazów i weryfikacja aktualizacji-zapisu – dla analizatorów gazów bez kompensacji ciągłej pod względem innych rodzajów gazów | Przy pierwszej instalacji lub po wprowadzeniu do układu zmian, które mają wpływ na odpowiedź.   |
| 8.1.6: Odpowiedź układu analizatora ciągłego gazów i weryfikacja aktualizacji-zapisu – dla analizatorów gazów z kompensacją ciągłą pod względem innych rodzajów gazów    | Przy pierwszej instalacji lub po wprowadzeniu do układu zmian, które mają wpływ na odpowiedź.   |
| 8.1.7.1: Moment obrotowy   | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.7.2: Ciśnienie, temperatura, punkt rosy  | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.8.1: Przepływ paliwa   | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.8.2: Przepływ powietrza dolotowego   | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.8.3: Przepływ spalin   | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.8.4: Przepływ spalin rozcieńczonych (CVS i PFD)  | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.8.5: Weryfikacja CVS/PFD i urządzenia do pobierania próbek okresowych (b)  | Przy pierwszej instalacji, w ciągu 35 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych. (Próba propanowa)  |
| 8.1.8.8: Nieszczelność podciśnienia  | Przed każdym badaniem laboratoryjnym zgodnie z pkt 7.1.   |
| 8.1.9.1: Zakłócenie analizatora NDIR CO <sub>2</sub> przez H <sub>2</sub> O  | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.9.2: Zakłócenie analizatora NDIR CO przez H <sub>2</sub> O i CO <sub>2</sub>   | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.10.1: Wzorcowanie FID<br>Optymalizacja i weryfikacja FID do oznaczania całkowitej zawartości węglowodorów  | <p>Wzorcowanie, optymalizacja i określenie odpowiedzi na CH<sub>4</sub>: przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.</p> <p>Weryfikacja odpowiedzi na CH<sub>4</sub>: przy pierwszej instalacji, w ciągu 185 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.</p>   |



| Typ wzorcowania lub weryfikacji  | Minimalna częstotliwość (*)   |
|--|---|
| 8.1.10.2: Zakłócenie tlenowe (O <sub>2</sub> ) analizatora FID do spalin nierozcieńczonych | Dla wszystkich analizatorów FID: przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.<br>Dla analizatorów FID do oznaczania całkowitej zawartości węglowodorów: przy pierwszej instalacji, po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych i po optymalizacji FID zgodnie z 8.1.10.1. |
| 8.1.10.3: Współczynnik przenikania dla separatora węglowodorów niemietanowych              | Przy pierwszej instalacji, w ciągu 185 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.11.1: Tłumienie CLD przez CO <sub>2</sub> i H <sub>2</sub> O                           | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.11.3: Zakłócenie analizatora NDUV przez węglowodory i H <sub>2</sub> O                 | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.11.4: Przenikanie NO <sub>2</sub> do kąpielii chłodzącej (urządzenie schładzające)     | Przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.   |
| 8.1.11.5: Konwersja konwertora NO <sub>2</sub> do NO                                       | Przy pierwszej instalacji, w ciągu 35 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.  |
| 8.1.12.1: Waga i ważenie cząstek stałych   | Niezależna weryfikacja: przy pierwszej instalacji, w ciągu 370 dni przed badaniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.<br>Weryfikacje wskazania zera, zakresu pomiarowego i próbki odniesienia: w ciągu 12 godzin przed ważeniem i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.             |

(\*) Wzorcowanie i weryfikacje przeprowadzać częściej zgodnie z zaleceniami producenta układu pomiarowego i właściwą oceną techniczną.

(b) Weryfikacja CVS nie jest wymagana dla układów, które są zgodne z dokładnością do  $\pm 2\%$  na podstawie bilansu chemicznego węgla lub tlenu w powietrzu dolotowym, paliwie i rozcieńczonych spalinach.

### 8.1.3. Weryfikacje pod kątem dokładności, powtarzalności i szumu

Wartości eksploatacyjne dla poszczególnych przyrządów podane w tabeli 9.3 stanowią podstawę do określania dokładności, powtarzalności i szumów danego przyrządu.

Weryfikacja dokładności, powtarzalności ani szumów przyrządów nie jest wymagana. Takie weryfikacje można jednak wziąć pod uwagę, aby określić specyfikację dla nowego przyrządu, zweryfikować działanie nowo dostarczonego przyrządu lub znaleźć przyczynę wadliwego funkcjonowania używanego przyrządu.

### 8.1.4. Sprawdzenie liniowości

#### 8.1.4.1. Zakres i częstotliwość

Weryfikację liniowości przeprowadza się dla każdego układu pomiarowego wymienionego w tabeli 8.2 co najmniej z częstotliwością określoną w tabeli, zgodnie z zaleceniami producenta układu pomiarowego i właściwą oceną techniczną. Celem weryfikacji liniowości jest określenie, czy odpowiedź układu pomiarowego jest proporcjonalna w całym przedmiotowym zakresie pomiarowym. Weryfikacja liniowości polega na wprowadzeniu serii co najmniej 10 wartości odniesienia do układu pomiarowego, o ile nie określono inaczej. Układ pomiarowy określa ilościowo każdą wartość odniesienia. Zmierzone wartości należy zbiorczo porównać z wartościami odniesienia przy użyciu regresji liniowej metodą najmniejszych kwadratów i kryteriów liniowości określonych w tabeli 8.2 w niniejszym punkcie.

#### 8.1.4.2. Wymagania eksploatacyjne

Jeżeli układ pomiarowy nie spełnia odpowiednich kryteriów liniowości z tabeli 8.2, usterkę należy skorygować za pomocą ponownego wzorcowania, serwisowania lub wymiany części, stosownie do potrzeb. Po usunięciu usterki należy powtórzyć weryfikację liniowości, aby upewnić się, że układ pomiarowy spełnia kryteria liniowości.

#### 8.1.4.3. Procedura

Stosuje się następujący protokół weryfikacji liniowości:

- układ pomiarowy musi pracować w przewidzianych dla niego warunkach temperatury, ciśnienia i przepływów;

- b) przyrząd zeruje się tak jak przed badaniem emisji, wprowadzając sygnał zerowy. W przypadku analizatorów gazowych stosuje się gaz zerowy spełniający specyfikację pkt 9.5.1, który wprowadza się bezpośrednio do otworu wlotowego analizatora;
- c) ustawia się zakres pomiarowy przyrządu, tak jak przed badaniem emisji, wprowadzając sygnał ustawienia zakresu pomiarowego. W przypadku analizatorów gazowych stosuje się gaz do ustawiania zakresu pomiarowego spełniający specyfikację pkt 9.5.1, który wprowadza się bezpośrednio do otworu wlotowego analizatora;
- d) po ustawieniu zakresu pomiarowego przyrządu sprawdza się wskazanie zera przy pomocy tego samego sygnału, który został użyty w lit. b) niniejszego punktu. W oparciu o odczyt zera stosuje się właściwą ocenę techniczną do ustalenia, czy przed przejściem do następnej czynności konieczne jest ponowne zerowanie i ustawianie zakresu pomiarowego przyrządu;
- e) stosując się do zaleceń producenta i właściwej oceny technicznej, w odniesieniu do wszystkich zmierzonych wielkości wybiera się wartości odniesienia,  $y_{refi}$ , obejmujące cały zakres wartości spodziewanych w czasie badań emisji, tak aby uniknąć konieczności ekstrapolacji poza te wartości. Jako jedną z wartości odniesienia do celów weryfikacji liniowości wybiera się zerowy sygnał odniesienia. W odniesieniu do weryfikacji liniowości autonomicznych wartości ciśnienia i temperatury dobiera się co najmniej trzy wartości odniesienia. W odniesieniu do wszystkich pozostałych weryfikacji liniowości dobiera się co najmniej dziesięć wartości odniesienia;
- f) stosując się do zaleceń producenta i właściwej oceny technicznej, określa się kolejność wprowadzania serii wartości odniesienia;
- g) następnie generuje się i wprowadza wielkości odniesienia zgodnie z opisem w pkt 8.1.4.4. W przypadku analizatorów gazowych stosuje się stężenia gazów, co do których wiadomo, że spełniają specyfikację pkt 9.5.1, i gazy te wprowadza się bezpośrednio do otworu wlotowego analizatora;
- h) przy pomiarze wartości odniesienia uwzględnia się czas stabilizacji przyrządu;
- i) przy częstotliwości rejestrowania co najmniej takiej jak określono w tabeli 9.2, dokonuje się pomiaru wartości odniesienia przez czas 30 s i odnotowuje średnią arytmetyczną zmierzonych wartości  $\bar{y}_i$ ;
- j) powtarza się czynności z lit. g)–i) niniejszego punktu aż do zmierzenia wszystkich wielkości odniesienia;
- k) w oparciu o średnie arytmetyczne  $\bar{y}_i$  i wartości odniesienia  $y_{refi}$  oblicza się parametry regresji liniowej metodą najmniejszych kwadratów i wartości statystyczne do celów porównania z minimalnymi kryteriami eksploatacyjnymi określonymi w tabeli 8.2. Wykorzystuje się obliczenia opisane w pkt A.2 dodatku A.2 do załącznika 4B.

#### 8.1.4.4. Sygnały odniesienia

W niniejszym punkcie opisano zalecane metody generowania wartości odniesienia do celów protokołu weryfikacji liniowości opisanego w pkt 8.1.4.3 niniejszej sekcji. Stosuje się wartości odniesienia, które symulują wartości rzeczywiste, lub wartość rzeczywistą wprowadza się do referencyjnego układu pomiarowego i mierzy za jego pomocą. W tym drugim przypadku wartość odniesienia to wartość odczytana z referencyjnego układu pomiarowego. Wartości odniesienia i referencyjne układy pomiarowe muszą być zgodne z normami międzynarodowymi.

W przypadku układów pomiaru temperatury z czujnikami takimi jak termopary, czujniki rezystancyjne i termistory, weryfikację liniowości można przeprowadzić poprzez usunięcie czujnika z układu i zastosowanie w tym miejscu symulatora. Stosuje się symulator, który jest niezależnie wzorcowany i skompensowany pod względem spoiny zimnej, stosownie do potrzeb. Niepewność symulatora zgodnego z normami międzynarodowymi przeskalanowa w odniesieniu do temperatury musi być mniejsza niż 0,5 % maksymalnej temperatury roboczej  $T_{max}$ . Jeżeli zastosowano tę opcję, należy zastosować takie czujniki, które zgodnie z danymi dostawcy mają dokładność lepszą niż 0,5 % temp.  $T_{max}$  w porównaniu z ich standardową krzywą wzorcowania.

#### 8.1.4.5. Układy pomiarowe, które wymagają weryfikacji liniowości

W tabeli 8.2 podano układy pomiarowe, które wymagają weryfikacji liniowości. W odniesieniu do tej tabeli stosuje się następujące postanowienia:

- a) weryfikację liniowości należy przeprowadzać częściej, jeżeli zaleca to producent przyrządu lub wynika to z właściwej oceny technicznej;
- b) „min” odnosi się do minimalnych wartości odniesienia stosowanych podczas weryfikacji liniowości;

Należy zauważyć, że wartość ta może wynosić zero lub być ujemna, w zależności od sygnału;

- c) „max” odnosi się zasadniczo do maksymalnych wartości odniesienia stosowanych podczas weryfikacji liniowości. Na przykład dla rozdzielaczy gazu  $x_{\max}$  to stężenie nierozdzielonego, nierozcieńczonego gazu do ustawiania zakresu pomiarowego. Poniżej znajdują się przypadki szczególne, dla których „max” dotyczy innych wartości:
- (i) w odniesieniu do weryfikacji liniowości wagi cząstek stałych  $m_{\max}$  to typowa masa filtra cząstek stałych;
  - (ii) w odniesieniu do weryfikacji liniowości momentu obrotowego  $T_{\max}$  to określona przez producenta wartość szczytowa momentu obrotowego silnika odnosząca się do badanego silnika o największym momencie obrotowym;
- d) podane zakresy obejmują wartości graniczne. Przykładowo, zakres 0,98–1,02 dla nachylenia  $a_1$  oznacza  $0,98 \leq a_1 \leq 1,02$ ;
- e) takie weryfikacje liniowości nie są wymagane dla układów, które przeszły pozytywnie weryfikację natężenia przepływu spalin rozcieńczonych zgodnie z pkt 8.1.8.5 w odniesieniu do próby propanowej, lub dla układów, które są zgodne z dokładnością do  $\pm 2\%$  w oparciu o bilans chemiczny węgla lub tlenu w powietrzu dolotowym, paliwie i spalinach;
- f) kryteria  $a_1$  dla tych wielkości muszą być spełnione tylko wtedy, jeżeli wymagana jest wartość bezwzględna danej wielkości, w przeciwieństwie do sygnału, który ma być tylko liniowo proporcjonalny do wartości rzeczywistej;
- g) temperatury autonomiczne obejmują temperatury elementów silnika i warunki otoczenia wykorzystywane do ustawiania lub sprawdzania warunków silnika, temperatury wykorzystywane do ustawiania lub sprawdzania warunków krytycznych w układzie badawczym oraz temperatury wykorzystywane do obliczeń wielkości emisji:
- (i) wymagane sprawdziany liniowości temperatury dotyczą: dolotu powietrza; podłoża do oczyszczania spalin (w przypadku silników badanych z urządzeniami do oczyszczania spalin w cyklach z kryteriami zimnego rozruchu); powietrza rozcieńczającego do próbkowania cząstek stałych (CVS, podwójne rozcieńczenie i układy rozcieńczania przepływu częściowego); próbki cząstek stałych i próbki z urządzenia do schładzania (w przypadku układów poboru próbek gazowych, które wykorzystują urządzenia schładzające do osuszania próbek);
  - (ii) sprawdziany liniowości temperatury następujących elementów są wymagane tylko wtedy, jeżeli wymaga tego producent silnika: wlotu paliwa; wylotu powietrza z chłodnicy powietrza doładowującego stanowiska badawczego (dla silników badanych przy użyciu stanowiska badawczego z wymiennikiem ciepła symulującym chłodnicę powietrza doładowującego pojazdu/maszyny); wlotu czynnika chłodzącego do chłodnicy powietrza doładowującego stanowiska badawczego (dla silników badanych przy użyciu stanowiska badawczego z wymiennikiem ciepła symulującym chłodnicę powietrza doładowującego pojazdu/maszyny); oleju w misce olejowej; czynnika chłodzącego przed termostatem (dla silników chłodzonych cieczą);
- h) ciśnienia autonomiczne obejmują ciśnienia w silniku i warunki otoczenia wykorzystywane do ustawiania lub sprawdzania warunków silnika, ciśnienia wykorzystywane do ustawiania lub sprawdzania warunków krytycznych w układzie badawczym oraz ciśnienia wykorzystywane do obliczeń wielkości emisji:
- (i) wymagane sprawdziany liniowości ciśnienia dotyczą: oporów powietrza dolotowego; przeciwcisnienia spalin; barometru, ciśnienia na mierniku przy wlocie do CVS (przy pomiarze z użyciem CVS); próbki z urządzenia do schładzania (w przypadku układów poboru próbek gazowych, które wykorzystują urządzenia schładzające do osuszania próbek);
  - (ii) sprawdziany liniowości ciśnienia następujących elementów są wymagane tylko wtedy, jeżeli wymaga tego producent silnika: spadku ciśnienia w chłodnicy powietrza doładowującego i przewodzie łączącym (dla silników turbodoładowanych badanych przy użyciu stanowiska badawczego z wymiennikiem ciepła symulującym chłodnicę powietrza doładowującego pojazdu/maszyny); wlotu paliwa i wylotu paliwa.

Tabela 8.2

## Układy pomiarowe, które wymagają weryfikacji liniowości

| Układ pomiarowy            | Wielkość | Minimalna częstotliwość weryfikacji | Kryteria liniowości                |           |                            |              |
|----------------------------|----------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------|--------------|
|                            |          |                                     | $ x_{\min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $ | a         | SEE                        | $r^2$        |
| Prędkość obrotowa silnika  | $n$      | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 0,05\%$<br>$n_{\max}$        | 0,98-1,02 | $\leq 2\%$ $n_{\max}$      | $\geq 0,990$ |
| Moment obrotowy silnika    | $T$      | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$T_{\max}$           | 0,98-1,02 | $\leq 2\%$ $T_{\max}$      | $\geq 0,990$ |
| Natężenie przepływu paliwa | $q_m$    | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$q_{m,\max}$         | 0,98-1,02 | $\leq 2\%$<br>$q_{m,\max}$ | $\geq 0,990$ |

| Układ pomiarowy  | Wielkość            | Minimalna częstotliwość weryfikacji | Kryteria liniowości                |           |                            |              |
|--|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------|--------------|
|  |                     |                                     | $ x_{\min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $ | a         | SEE                        | $r^2$        |
| Natężenie przepływu powietrza dolotowego                               | $q_v$               | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$q_{v,\max}$         | 0,98-1,02 | $\leq 2\%$<br>$q_{v,\max}$ | $\geq 0,990$ |
| Natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego                         | $q_v$               | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$q_{v,\max}$         | 0,98-1,02 | $\leq 2\%$<br>$q_{v,\max}$ | $\geq 0,990$ |
| Natężenie przepływu spalin rozcieńczonych                              | $q_v$               | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$q_{v,\max}$         | 0,98-1,02 | $\leq 2\%$<br>$q_{v,\max}$ | $\geq 0,990$ |
| Natężenie przepływu spalin nierozcieńczonych                           | $q_v$               | W ciągu 185 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$q_{v,\max}$         | 0,98-1,02 | $\leq 2\%$<br>$q_{v,\max}$ | $\geq 0,990$ |
| Natężenia przepływu przez urządzenie do pobierania próbek okresowych   | $q_v$               | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$q_{v,\max}$         | 0,98-1,02 | $\leq 2\%$<br>$q_{v,\max}$ | $\geq 0,990$ |
| Rozdzielacze gazu  | $x/x_{\text{span}}$ | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 0,5\%$<br>$x_{\max}$         | 0,98-1,02 | $\leq 2\%$ $x_{\max}$      | $\geq 0,990$ |
| Analizatory gazów  | x                   | W ciągu 35 dni przed badaniem       | $\leq 0,5\%$<br>$x_{\max}$         | 0,99-1,01 | $\leq 1\%$ $x_{\max}$      | $\geq 0,998$ |
| Waga do cząstek stałych  | m                   | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$m_{\max}$           | 0,99-1,01 | $\leq 1\%$ $m_{\max}$      | $\geq 0,998$ |
| Autonomiczne wartości ciśnienia  | p                   | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$p_{\max}$           | 0,99-1,01 | $\leq 1\%$ $p_{\max}$      | $\geq 0,998$ |
| Konwersja autonomicznych sygnałów temperatury z analogowych na cyfrowe | T                   | W ciągu 370 dni przed badaniem      | $\leq 1\%$<br>$T_{\max}$           | 0,99-1,01 | $\leq 1\%$ $T_{\max}$      | $\geq 0,998$ |

#### 8.1.5. Odpowiedź układu analizatora ciągłego gazów i weryfikacja aktualizacji-zapisu

W niniejszej sekcji opisano ogólną procedurę weryfikacji odpowiedzi układu analizatora ciągłego gazów i weryfikacji aktualizacji-zapisu. Procedury weryfikacji dla analizatorów typu kompensacyjnego przedstawiono w pkt 8.1.6.

##### 8.1.5.1. Zakres i częstotliwość

Niniejszą weryfikację przeprowadza się po zainstalowaniu lub wymianie analizatora gazowego wykorzystywanego do ciągłego pobierania próbek. Weryfikację tę przeprowadza się również wtedy, jeżeli zmieniono konfigurację układu w sposób, który zmienia odpowiedź układu. Weryfikacja ta jest wymagana dla ciągłych analizatorów gazowych używanych do badań niestacjonarnych lub badań ze zmianami jednostajnymi między fazami, ale nie jest wymagana dla okresowych analizatorów gazowych lub ciągłych analizatorów gazowych używanych tylko do badań z fazami dyskretnymi.

##### 8.1.5.2. Zasady pomiaru

W niniejszym badaniu sprawdza się, czy częstotliwości aktualizacji i zapisu są spójne z ogólną odpowiedzią układu na gwałtowną zmianę wartości stężeń na sondzie. Układy analizatorów gazowych muszą być zoptymalizowane w taki sposób, aby ich ogólna odpowiedź na gwałtowną zmianę stężenia była aktualizowana i zapisywana z odpowiednią częstotliwością, tak aby zapobiec utracie danych. W niniejszym badaniu sprawdza się również, czy układy ciągłych analizatorów gazowych spełniają wymagania dotyczące minimalnego czasu odpowiedzi.

Ustawienia układu dla analizy czasu odpowiedzi (tj. ciśnienie, natężenia przepływu, ustawienia filtra na analizatorach oraz wszystkie inne elementy wpływające na czas odpowiedzi) muszą być dokładnie takie same jak podczas pomiarów w czasie badania. Oznaczanie czasu odpowiedzi przeprowadza się z przelączaniem gazu bezpośrednio na wlocie do sondy do pobierania próbek. Urządzenia do przelączania gazu muszą wykonywać tę czynność w czasie krótszym niż 0,1 s. Gazy wykorzystywane podczas badania muszą wywoływać zmianę stężenia o przynajmniej 60 % pełnej skali.

Należy zarejestrować ślad stężenia każdego pojedynczego składnika gazowego.

#### 8.1.5.3. Wymagania dla układu

- a) Czas odpowiedzi układu musi wynosić  $\leq 10$  s przy czasie narastania  $\leq 2,5$  s lub przy czasie narastania i czasie spadku wynoszących każdy  $\leq 5$  s dla wszystkich mierzonych składników ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  i  $\text{HC}$ ) oraz dla wszystkich stosowanych zakresów. Jeżeli do pomiaru NMHC stosowane jest urządzenie NMC, czas odpowiedzi układu może przekroczyć 10 s.

Wszystkie dane (stężenie, przepływy paliwa i powietrza) muszą zostać przesunięte o ich zmierzone czasy odpowiedzi przed dokonaniem obliczeń wielkości emisji zgodnie z dodatkami A.7–A.8.

- b) Aby wykazać dopuszczalną częstotliwość aktualizacji i zapisu w odniesieniu do ogólnej odpowiedzi układu, układ musi spełniać jedno z poniższych kryteriów:
- (i) iloczyn średniego czasu narastania i częstotliwości, z jaką układ zapisuje zaktualizowane stężenie, musi wynosić co najmniej 5. W każdym wypadku średni czas narastania nie może przekraczać 10 s;
  - (ii) częstotliwość, z jaką układ zapisuje stężenie, musi wynosić co najmniej 2 Hz (zob. również tabela 9.2).

#### 8.1.5.4. Procedura

Do weryfikacji odpowiedzi każdego układu ciągłego analizatora gazowego stosuje się następującą procedurę:

- a) przy uruchamianiu i eksploatacji układu analizatora przestrzega się instrukcji producenta dotyczących konfiguracji przyrządu. Układ pomiarowy należy wyregulować w miarę potrzeb, aby zoptymalizować jego działanie. Weryfikację tę przeprowadza się dla analizatora pracującego w taki sam sposób jak przy badaniu emisji. Jeżeli układ pobierania próbek analizatora jest wspólny z innymi analizatorami oraz jeżeli przepływ gazu do pozostałych analizatorów ma wpływ na czas odpowiedzi układu, to takie pozostałe analizatory należy uruchomić i muszą one pracować podczas niniejszego badania weryfikacyjnego. Badanie weryfikacyjne można przeprowadzić jednocześnie na wielu analizatorach wykorzystujących ten sam układ pobierania próbek. Jeżeli podczas badania emisji stosowane są filtry analogowe lub filtry cyfrowe w czasie rzeczywistym, to filtry te muszą działać w ten sam sposób podczas niniejszej weryfikacji;
- b) w odniesieniu do urządzeń stosowanych do walidacji czasu odpowiedzi układu zaleca się stosowanie jak najkrótszych linii do przesyłania gazu między wszystkimi połączeniami; do jednego z wlotów szybkiego zaworu 3-drogowego (2 wloty, 1 wylot) podłącza się źródło powietrza obojętnego w celu kontroli przepływu gazu zerowego i wymieszanych gazów do ustawiania zakresu pomiarowego do wlotu sondy układu próbkującego lub do trójnika w pobliżu końcówki sondy. Z reguły natężenie przepływu gazu jest większe niż natężenie przepływu próbki w sondzie i nadmiar wypływa końcówką sondy. Jeżeli natężenie przepływu gazu jest mniejsze niż natężenie przepływu w sondzie, należy dostosować stężenia gazu w celu uwzględnienia rozcieńczenia powietrzem otoczenia zasasywanym do sondy. Można stosować dwu- lub wieloskładnikowe gazy do ustawiania zakresu pomiarowego. Do wymieszania gazów do ustawiania zakresu pomiarowego można użyć urządzenia do mieszania gazów. Urządzenie do mieszania gazów jest zalecane przy mieszaniu gazów do ustawiania zakresu pomiarowego rozcieńczonych  $\text{N}_2$  z gazami do ustawiania zakresu pomiarowego rozcieńczonymi powietrzem;

Przy użyciu rozdzielacza gaz do ustawiania zakresu pomiarowego  $\text{NO}-\text{CO}-\text{CO}_2-\text{C}_3\text{H}_8-\text{CH}_4$  (dopełnienie:  $\text{N}_2$ ) miesza się w równym stosunku z gazem do ustawiania zakresu pomiarowego  $\text{NO}_2$  (dopełnienie: oczyszczone powietrze syntetyczne). W stosownych przypadkach zamiast mieszaniny  $\text{NO}-\text{CO}-\text{CO}_2-\text{C}_3\text{H}_8-\text{CH}_4$  z dopełnieniem  $\text{N}_2$  można zastosować standardowe dwuskładnikowe gazy do ustawiania zakresu pomiarowego; w takim przypadku dla każdego analizatora wykonuje się oddzielne badania odpowiedzi. Wylot rozdzielacza gazu podłącza się do drugiego wlotu zaworu 3-drogowego. Wylot zaworu podłącza się do przelewu sondy układu analizatora gazowego lub do przelewu pomiędzy sondą a linią przesyłową do wszystkich weryfikowanych analizatorów. Należy zastosować takie ustawienie układu, które zapobiega pulsacji ciśnienia wskutek zatrzymania przepływu przez urządzenie do mieszania gazów. Należy pominąć wszelkie z powyższych składników gazowych, które nie są istotne dla analizatorów będących przedmiotem niniejszej weryfikacji. Alternatywnie dopuszcza się stosowanie butli z pojedynczymi gazami i oddzielne pomiary czasu odpowiedzi;

- c) gromadzenie danych wykonuje się w następujący sposób:

- (i) zawór przełącza się w celu rozpoczęcia przepływu gazu zerowego;
- (ii) należy umożliwić stabilizację, uwzględniając opóźnienia przesyłu i pełną odpowiedź najwolniejszego analizatora;
- (iii) zapisywanie danych rozpoczyna się przy częstotliwości używanej podczas badania emisji. Każda zmierzona wartość musi być unikalnym zaktualizowanym stężeniem zmierzonym przez analizator; nie wolno stosować interpolacji ani filtrowania do zmiany zapisanych wartości;
- (iv) zawór przełącza się w celu umożliwienia przepływu zmieszanych gazów do ustawiania zakresu pomiarowego do analizatorów. Czas ten zapisuje się jako  $t_0$ ;
- (v) uwzględnia się opóźnienia przesyłu i pełną odpowiedź najwolniejszego analizatora;

- (vi) przepływ przełącza się w celu umożliwienia przepływu gazu zerowego do analizatora. Czas ten zapisuje się jako  $t_{100}$ ;
- (vii) uwzględnia się opóźnienia przesyłu i pełną odpowiedź najwolniejszego analizatora;
- (viii) czynności od (iv) do (vii) z lit. c) niniejszego punktu powtarza się do zapisania siedmiu pełnych cykli, kończąc na przepływie gazu zerowego przez analizatory;
- (ix) zatrzymuje się rejestrowanie danych.

#### 8.1.5.5. Ocena działania

Dane z lit. c) w pkt 8.1.5.4 niniejszej sekcji wykorzystuje się do obliczenia średniego czasu narastania,  $T_{10-90}$ , dla każdego z analizatorów.

- a) Jeżeli wybrano wykazanie zgodności w sposób podany w lit. b) ppkt (i) w pkt 8.1.5.3 niniejszej sekcji, to stosuje się następującą procedurę: czasy narastania (w s) mnoży się przez ich odpowiednie częstotliwości zapisu w hercach (1/s). Wartość każdego wyniku musi wynosić co najmniej 5. Jeżeli wartość jest mniejsza niż 5, należy zwiększyć częstotliwość zapisu, wyregulować przepływy lub zmienić konstrukcję układu próbkowania, tak aby odpowiednio zwiększyć czas narastania. Można również zmienić konfigurację filtrów cyfrowych, aby zwiększyć czas narastania.
- b) Jeżeli wybrano wykazanie zgodności w sposób podany w lit. b) ppkt (ii) w pkt 8.1.5.3 niniejszej sekcji, to wystarczy wykazanie zgodności z wymaganiami określonymi w lit. b) ppkt (ii) w pkt 8.1.5.3.

#### 8.1.6. Weryfikacja czasu odpowiedzi dla analizatorów typu kompensacyjnego

##### 8.1.6.1. Zakres i częstotliwość

Weryfikację tę przeprowadza się w celu określenia odpowiedzi ciągłego analizatora gazowego w układzie, w którym odpowiedź jednego analizatora jest kompensowana przez odpowiedź drugiego w celu określenia wielkości emisji gazowej. Na potrzeby tego sprawdzianu parę wodną uznaje się za składnik gazowy. Weryfikacja ta jest wymagana dla ciągłych analizatorów gazowych używanych do badań niestacjonarnych lub badań ze zmianami jednostajnymi między fazami. Weryfikacja ta nie jest wymagana dla okresowych analizatorów gazowych lub ciągłych analizatorów gazowych używanych tylko do badań z fazami dyskretnymi. Niniejsza weryfikacja nie dotyczy poprawki o wartość wody usuniętej z próbki podczas jej dalszego przetwarzania i nie dotyczy metody oznaczania NMHC z THC i  $\text{CH}_4$  opisanej w dodatkach A.7 i A.8 w odniesieniu do obliczeń wielkości emisji. Niniejszą weryfikację wykonuje się po pierwszej instalacji (tj. oddaniu stanowiska badawczego do eksploatacji). Po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych można zastosować pkt 8.1.5 do sprawdzenia jednolitości odpowiedzi, pod warunkiem że wszelkie wymienione elementy zostały wcześniej w dowolnym czasie poddane weryfikacji jednolitości odpowiedzi w stanie zwilżonym.

##### 8.1.6.2. Zasady pomiaru

Niniejsza procedura służy do sprawdzania ustawienia czasowego i jednolitości odpowiedzi w odniesieniu do połączonych pomiarów gazowych w trybie ciągłym. Na potrzeby tej procedury trzeba dopilnować, aby włączone były wszystkie algorytmy kompensacji i poprawki wilgotności.

##### 8.1.6.3. Wymagania dla układu

Ogólny wymóg dotyczący czasu odpowiedzi i czasu narastania podany w pkt 8.1.5.3 lit. a) jest ważny również dla analizatorów typu kompensacyjnego. Ponadto jeżeli częstotliwość zapisu różni się od częstotliwości aktualizacji ciągle łączonego/kompensowanego sygnału, to mniejszej z tych wartości częstotliwości używa się do celów weryfikacji wymaganej zgodnie z pkt 8 lit. b) ppkt (i).1.5.3.

##### 8.1.6.4. Procedura

Należy zastosować wszystkie procedury podane w pkt 8.1.5.4 lit. a)–c). Poza tym należy również zmierzyć odpowiedź i czas narastania dla pary wodnej, jeżeli stosowany jest algorytm kompensacji w oparciu o zmierzoną ilość pary wodnej. W takim przypadku należy zwilżyć co najmniej jeden ze stosowanych gazów wzorcowych (ale nie  $\text{NO}_2$ ) w następujący sposób:

Jeżeli w układzie nie stosuje się osuszacza do usuwania wody z próbek gazowych, to gaz do ustawiania zakresu pomiarowego należy zwilżyć, przepuszczając mieszaninę gazową przez szczelne naczynie z wodą destylowaną, w którym gaz nawilżany jest do najwyższego punktu rosy próbki przewidywanego w czasie próbkowania emisji. Jeżeli w układzie podczas badań stosuje się osuszacz próbek, który przeszedł

weryfikację osuszacza próbek, to zwilżoną mieszaninę gazów można wprowadzić za osuszaczem próbek (w kierunku przepływu), przepuszczając ją przez wodę destylowaną w uszczelnionym naczyniu w temperaturze  $25 \pm 10$  °C lub temperaturze przewyższającej punkt rosy. We wszystkich przypadkach za naczyniem (w kierunku przepływu) zwilżony gaz musi być utrzymywany w temperaturze większej o co najmniej 5 °C od swojego miejscowego punktu rosy w danym punkcie linii. Należy zauważyć, że możliwe jest pominięcie dowolnych z powyższych składników gazowych, które nie są istotne dla analizatorów będących przedmiotem niniejszej weryfikacji. Jeżeli którykolwiek ze składników gazowych nie jest podatny na kompensację wodą, to sprawdzenie odpowiedzi mierzących go analizatorów można wykonać bez zwilżania.

#### 8.1.7. Pomiar parametrów silnika i warunków otoczenia

Producent silnika musi stosować wewnętrzne procedury jakości oparte na uznanych normach krajowych lub międzynarodowych. W przeciwnym razie stosuje się następujące procedury.

##### 8.1.7.1. Wzorcowanie momentu obrotowego

###### 8.1.7.1.1. Zakres i częstotliwość

Wszystkie układy pomiaru momentu obrotowego, w tym przetworniki i układy dynamometru służące do pomiaru momentu obrotowego, wzorcuje się przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych z użyciem siły odniesienia lub ramienia dźwigni z obciążnikiem. Decyzję o powtórzeniu wzorcowania podejmuje się w oparciu o właściwą ocenę techniczną. Należy zastosować instrukcje producenta przetwornika momentu obrotowego w celu uzyskania liniowości sygnałów wyjściowych czujnika momentu obrotowego. Dozwolone są inne metody wzorcowania.

###### 8.1.7.1.2. Wzorcowanie przy użyciu obciążników

Technika ta polega na przyłożeniu znanej siły poprzez zawieszenie obciążników o znanej wadze w określonym punkcie długości ramienia dźwigni. Należy dopilnować, aby ramię dźwigni było ustawione prostopadle do siły ciężkości (czyli poziomo) oraz prostopadle do osi obrotu hamulca dynamometrycznego. Do każdego odpowiedniego zakresu pomiarowego momentu obrotowego stosuje się co najmniej sześć kombinacji obciążników wzorcujących, przy zasadniczo równomiernym rozłożeniu wielkości obciążników w całym zakresie. Podczas wzorcowania w hamulcu dynamometrycznym musi występować ruch oscylacyjny lub obrotowy, aby ograniczyć histerezę tarcia statycznego. Siłę wywieraną przez każdy obciążnik wyznacza się poprzez pomnożenie jego masy zgodnej z normami międzynarodowymi przez wartość miejscowego przyspieszenia ziemskiego.

###### 8.1.7.1.3. Wzorcowanie przy użyciu czujnika tensometrycznego lub dynamometru pierścieniowego

W niniejszej technice siłę przykłada się albo poprzez zawieszenie obciążników na ramieniu dźwigni (obciążniki te i odpowiednia dla nich długość ramienia dźwigni nie są wykorzystywane do wyznaczenia momentu obrotowego odniesienia), albo poprzez włączanie hamulca dynamometrycznego przy różnych momentach obrotowych. Do każdego odpowiedniego zakresu pomiarowego momentu obrotowego stosuje się co najmniej sześć kombinacji przykładowej siły, przy zasadniczo równomiernym rozłożeniu wielkości siły w całym zakresie. Podczas wzorcowania w hamulcu dynamometrycznym musi występować ruch oscylacyjny lub obrotowy, aby ograniczyć histerezę tarcia statycznego. W tym przypadku moment obrotowy odniesienia wyznacza się poprzez pomnożenie wyniku siły z miernika odniesienia (np. czujnika tensometrycznego lub dynamometru pierścieniowego) przez odpowiednią efektywną długość ramienia dźwigni, mierzoną od punktu wykonania pomiaru siły do osi obrotu hamulca dynamometrycznego. Należy dopilnować, aby odległość ta została zmierzona prostopadle do osi pomiarowej miernika odniesienia oraz prostopadle do osi obrotu hamulca dynamometrycznego.

##### 8.1.7.2. Wzorcowanie urządzeń do pomiaru ciśnienia, temperatury i punktu rosy

Przyrządy do pomiaru ciśnienia, temperatury i punktu rosy wzorcuje się przy pierwszej instalacji. Stosuje się zalecenia producenta przyrządu, a decyzję o powtórzeniu wzorcowania podejmuje się w oparciu o właściwą ocenę techniczną.

W przypadku układów pomiaru temperatury wykorzystujących termoparę, RTD lub czujniki termistorowe wzorcowanie układu wykonuje się w sposób opisany w pkt 8.1.4.4 dla weryfikacji liniowości.

#### 8.1.8. Pomiary związane z przepływem

##### 8.1.8.1. Wzorcowanie przepływomierzy paliwa

Przepływomierze paliwa wzorcuje się przy ich pierwszej instalacji. Stosuje się zalecenia producenta przyrządu, a decyzję o powtórzeniu wzorcowania podejmuje się w oparciu o właściwą ocenę techniczną.

##### 8.1.8.2. Wzorcowanie przepływomierzy powietrza dolotowego

Przepływomierze powietrza dolotowego wzorcuje się przy ich pierwszej instalacji. Stosuje się zalecenia producenta przyrządu, a decyzję o powtórzeniu wzorcowania podejmuje się w oparciu o właściwą ocenę techniczną.

### 8.1.8.3. Wzorcowanie przepływomierzy spalin

Przepływomierze spalin wzorcuje się przy ich pierwszej instalacji. Stosuje się zalecenia producenta przyrządu, a decyzję o powtórzeniu wzorcowania podejmuje się w oparciu o właściwą ocenę techniczną.

### 8.1.8.4. Wzorcowanie przepływomierzy spalin rozcieńczonych (CVS)

#### 8.1.8.4.1. Informacje ogólne

a) W niniejszej sekcji opisano sposób wzorcowania przepływomierzy stosowanych w układach próbkowania spalin rozcieńczonych przy zachowaniu stałej objętości przepływu (CVS);

b) Wzorcowanie to przeprowadza się przy przepływomierzu zainstalowanym w swojej stałej lokalizacji. Wzorcowanie wykonuje się po dokonaniu zmian w dowolnej części konfiguracji przepływu przed lub za przepływomierzem (w kierunku przeciwnym do przepływu lub w kierunku przepływu), które mogą mieć wpływ na wzorcowanie przepływomierza. Wzorcowanie wykonuje się przy pierwszej instalacji CVS oraz w przypadkach, gdy działania naprawcze nie usunęły przyczyn niespełnienia kryteriów weryfikacji przepływu spalin rozcieńczonych (tj. próby propanowej) z pkt 8.1.8.5;

c) Przepływomierz CVS wzorcuje się przy użyciu przepływomierza odniesienia, takiego jak przepływomierz oparty na zwężce Venturiego o przepływie poddźwiękowym, dysza przepływowa o długim promieniu, kryza gładkiego podejścia (SAO), element z przepływem uwarstwionym, zestaw zwęzek Venturiego o przepływie krytycznym lub przepływomierz poddźwiękowy. Należy zastosować przepływomierz odniesienia, który wskazuje wielkości zgodne z międzynarodowymi normami z dokładnością wynoszącą  $\pm 1\%$ . Odpowiedź takiego przepływomierza odniesienia na przepływ wykorzystuje się jako wartość odniesienia do wzorcowania przepływomierza CVS;

d) Przed przepływomierzem odniesienia (w kierunku przeciwnym do przepływu) nie można umieszczać ani innych elementów ograniczających, które mogłyby zmieniać wielkość przepływu przed przepływomierzem odniesienia, chyba że przepływomierz był wzorcowany z takim ograniczeniem;

e) Sekwencja wzorcowania opisana w niniejszym pkt 8.1.8.4 dotyczy podejścia opartego na liczbie molarnej. Odpowiednia sekwencja dla podejścia opartego na masie znajduje się w dodatku 1 do załącznika 8.

#### 8.1.8.4.2. Wzorcowanie pompy waporowej

Pompę waporową (PDP) wzorcuje się w celu określenia równania przepływu w funkcji prędkości pompy, które uwzględni przecieki przepływu przez powierzchnie uszczelnień w pompie jako funkcję ciśnienia wlotowego pompy. Dla każdej prędkości pracy pompy wyznacza się indywidualne współczynniki równania. Przepływomierz pompy waporowej wzorcuje się w następujący sposób:

a) układ podłącza się jak na rysunku 8.1;

b) przecieki między przepływomierzem do wzorcowania a pompą waporową muszą być mniejsze niż  $0,3\%$  przepływu całkowitego dla najniższego wzorcowanego punktu przepływu; na przykład, w punkcie największego oporu i najmniejszej prędkości pompy;

c) podczas pracy pompy utrzymuje się stałą temperaturę na wlocie pompy w granicach  $\pm 2\%$  średniej temperatury bezwzględnej na wlocie,  $T_{in}$ ;

d) prędkość pompy ustawia się stosownie do pierwszego punktu prędkości, dla którego ma być wzorcowana;

e) zmienne urządzenie dławiące ustawia się w położeniu całkowicie otwartym;

f) pompa musi pracować przez co najmniej 3 min w celu ustabilizowania układu. Następnie przy ciągłej pracy pompy waporowej rejestruje się średnie wartości z danych pobieranych przez co najmniej 30 s dla następujących wielkości:

(i) średnie natężenie przepływu w przepływomierzu odniesienia,  $\bar{q}_{Vref}$ ;

(ii) średnia temperatura na wlocie pompy waporowej,  $T_{in}$ ;

(iii) średnie statyczne ciśnienie bezwzględne na wlocie pompy waporowej,  $p_{in}$ ;

(iv) średnie statyczne ciśnienie bezwzględne na wylocie pompy waporowej,  $p_{out}$ ;

(v) średnia prędkość pompy waporowej,  $n_{PDP}$ ;

g) zawór dławiący zamyka się stopniowo w celu zmniejszenia ciśnienia bezwzględnego na wlocie pompy waporowej,  $p_{in}$ ;



- h) czynności opisane w lit. f) i g) w pkt 8.1.8.4.2 powtarza się w celu zarejestrowania danych dla co najmniej sześciu położen zaworu dławiącego odzwierciedlających pełny zakres możliwych ciśnien eksploatacyjnych na wlocie pompy wyporowej;
- i) pompę wyporową wzorcuje się przy użyciu zgromadzonych danych i równań podanych w dodatkach A.7–A.8;
- j) dla każdej prędkości pracy pompy powtarza się czynności opisane w lit. f)–i) niniejszej sekcji;
- k) wyznacza się równanie przepływu pompy wyporowej do celów badań emisji w oparciu o równania w dodatku A.7 (podejście molowe) lub A.8 (podejście masowe) do załącznika 4B;
- l) wzorcowanie sprawdza się poprzez wykonanie weryfikacji CVS (tj. próby propanowej), jak opisano w pkt 8.1.8.5;
- m) pompy wyporowej nie można używać poniżej najmniejszego ciśnienia wlotowego zbadanego podczas wzorcowania.

#### 8.1.8.4.3. Wzorcowanie CFV

Zwęzkę Venturiego o przepływie krytycznym (CFV) wzorcuje się w celu sprawdzenia jej współczynnika wypływu,  $C_d$ , dla najmniejszej przewidywanej różnicy ciśnien statycznych między wlotem a wylotem CFV. Przepływomierz CFV wzorcuje się w następujący sposób:

- a) układ podłącza się jak na rysunku 8.1;
- b) uruchamia się dmuchawę za zwężką CFV (w kierunku przepływu);
- c) podczas pracy CFV utrzymuje się stałą temperaturę na wlocie CFV w granicach  $\pm 2\%$  średniej temperatury bezwzględnej na wlocie,  $T_{in}$ ;
- d) przecieki między przepływomierzem do wzorcowania a CFV muszą być mniejsze niż  $0,3\%$  przepływu całkowitego dla największych oporów;
- e) zmienne urządzenia dławiące ustawia się w położeniu całkowicie otwartym. Zamiast zmiennego urządzenia dławiącego ciśnienie za CFV (w kierunku przepływu) można zmieniać za pomocą zmiennych prędkości dmuchawy lub kontrolowanego wycieku. Należy zauważyć, że niektóre dmuchawy mają ograniczenia dotyczące warunków nieobciążonych;
- f) CFV musi pracować przez co najmniej 3 min w celu ustabilizowania układu. Następnie przy ciągłej pracy CFV rejestruje się średnie wartości z danych pobieranych przez co najmniej 30 s dla następujących wielkości:
  - (i) średnie natężenie przepływu w przepływomierzu odniesienia,  $\bar{q}_{Vref}$ ;
  - (ii) nieobowiązkowo, średni punkt rosy powietrza wzorcującego,  $T_{dew}$ . Dopuszczalne założenia podczas pomiarów emisji znajdują się w dodatkach A.7–A.8;
  - (iii) średnia temperatura na wlocie zwężki Venturiego,  $T_{in}$ ;
  - (iv) średnie statyczne ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego,  $p_{in}$ ;
  - (v) średnia różnica ciśnien statycznych między wlotem a wylotem CFV,  $\Delta p_{CFV}$ ;
- g) zawór dławiący zamyka się stopniowo w celu zmniejszenia ciśnienia bezwzględnego na wlocie CFV,  $p_{in}$ ;
- h) czynności opisane w lit. f) i g) niniejszego punktu powtarza się w celu zarejestrowania średnich danych dla co najmniej dziesięciu położen zaworu dławiącego, tak aby zbadany został najpełniejszy praktyczny zakres wartości  $\Delta p_{CFV}$  spodziewanych podczas badań. Nie wymaga się demontażu elementów wzorcujących ani elementów CVS na potrzeby wzorcowania przy najmniejszych możliwych oporach;
- i) wyznacza się  $C_d$  i najmniejszy dopuszczalny stosunek ciśnien  $r$ , jak opisano w dodatkach A.7–A.8;
- j) wartość  $C_d$  wykorzystuje się do określenia przepływu przez CFV podczas badania emisji. Zwęzki CFV nie można używać poniżej najmniejszej dopuszczalnej wartości  $r$ , jak określono w dodatkach A.7–A.8;
- k) wzorcowanie sprawdza się poprzez wykonanie weryfikacji CVS (tj. próby propanowej), jak opisano w pkt 8.1.8.5;

- l) jeżeli układ CVS jest skonfigurowany do działania jednocześnie z kilkoma zwężkami CFV, to CVS wzorcuje się w jeden z następujących sposobów:
- (i) każdą kombinację CFV wzorcuje się zgodnie z niniejszym punktem i dodatkami A.7–A.8. Instrukcje dotyczące obliczania natężeń przepływu dla tej opcji znajdują się w dodatkach A.7–A.8;
  - (ii) każdą kombinację CFV wzorcuje się zgodnie z niniejszym punktem i dodatkami A.7–A.8. Instrukcje dotyczące obliczania natężeń przepływu dla tej opcji znajdują się w dodatkach A.7–A.8;

#### 8.1.8.4.4. Wzorcowanie SSV

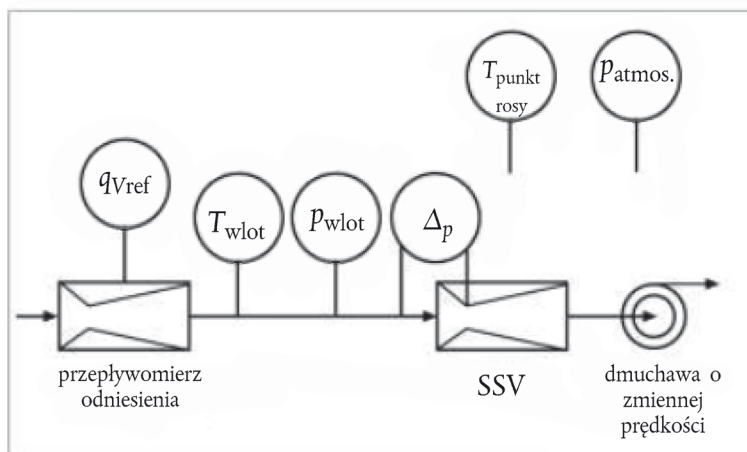
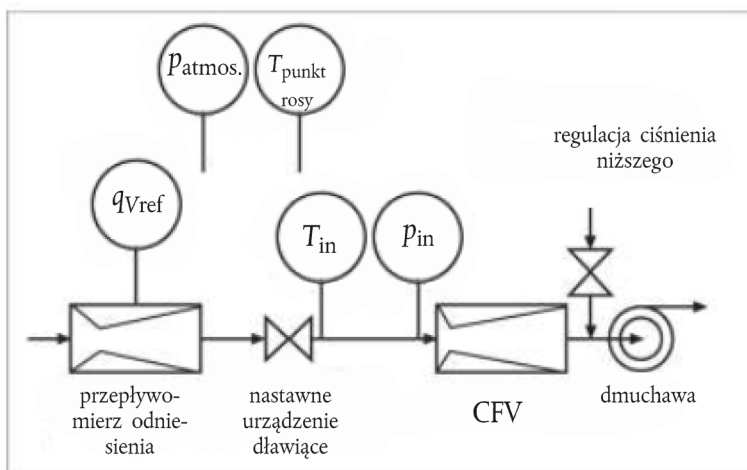
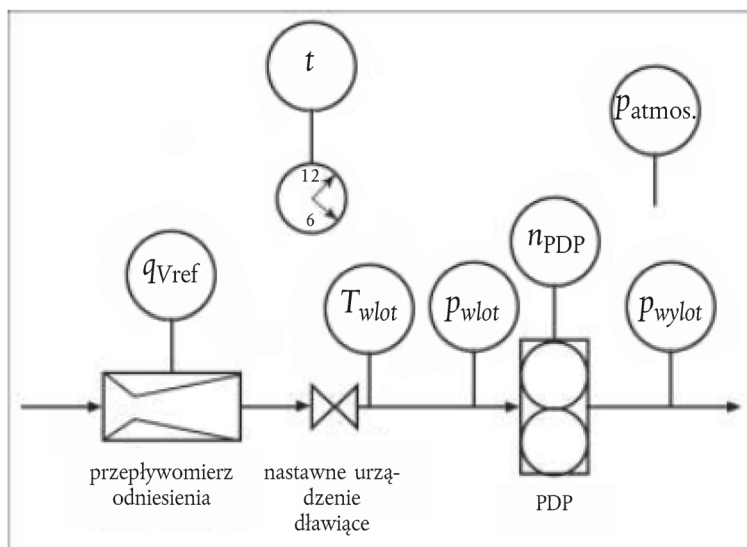
Zwężkę Venturiego o przepływie poddźwiękowym (SSV) wzorcuje się w celu określenia jej współczynnika wzorcowania,  $C_d$ , dla przewidywanego zakresu ciśnienia wlotowego. Przepływomierz SSV wzorcuje się w następujący sposób:

- a) układ podłącza się jak na rysunku 8.1;
- b) uruchamia się dmuchawę za zwężką SSV (w kierunku przepływu);
- c) przecieki między przepływomierzem do wzorcowania a SSV muszą być mniejsze niż 0,3 % przepływu całkowitego dla największych oporów;
- d) podczas pracy SSV utrzymuje się stałą temperaturę na wlocie SSV w granicach  $\pm 2$  % średniej temperatury bezwzględnej na wlocie,  $T_{in}$ ;
- e) zmienny zawór dławiący lub dmuchawę o zmiennej prędkości ustawia się na przepływ większy niż największy przepływ przewidywany podczas badań. Wartości natężeń przepływu nie można ekstrapolować poza wartości wzorcowane, dlatego należy się upewnić, że liczba Reynoldsa  $Re$  dla gardzieli SSV przy największym natężeniu przepływu wzorcowania jest większa niż maksymalna liczba  $Re$  przewidywana podczas badań;
- f) SSV musi pracować przez co najmniej 3 min w celu ustabilizowania układu. Następnie przy ciągłej pracy SSV rejestruje się średnie wartości z danych pobieranych przez co najmniej 30 s dla następujących wielkości:
  - (i) średnie natężenie przepływu w przepływomierzu odniesienia,  $\bar{q}_{Vref}$ ;
  - (ii) nieobowiązkowo, średni punkt rosy powietrza wzorcującego,  $T_{dew}$ . Dopuszczalne założenia znajdują się w dodatkach A.7–A.8;
  - (iii) średnia temperatura na wlocie zwężki Venturiego,  $T_{in}$ ;
  - (iv) średnie statyczne ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego,  $p_{in}$ ;
  - (v) różnica ciśnień między ciśnieniem statycznym na wlocie zwężki a ciśnieniem statycznym na jej wylocie,  $\Delta p_{SSV}$ ;
- g) zawór dławiący zamyka się stopniowo lub zmniejsza się prędkość dmuchawy w celu zmniejszenia natężenia przepływu;
- h) czynności opisane w lit. f) i g) niniejszego punktu powtarza się w celu zarejestrowania danych dla co najmniej dziesięciu wartości natężenia przepływu;
- i) wyznacza się funkcjonalną postać  $C_d$  w zależności od  $Re$  przy użyciu zgromadzonych danych i równań podanych w dodatkach A.7–A.8;
- j) wzorcowanie sprawdza się poprzez wykonanie weryfikacji CVS (tj. próby propanowej), jak opisano w pkt 8.1.8.5, przy użyciu nowego równania na  $C_d$  w zależności od  $Re$ ;
- k) zwężka SSV może być używana tylko dla zakresu od najmniejszego do największego natężenia przepływu wzorcowania;
- l) wyznacza się przepływ przez SSV podczas badania w oparciu o równania w dodatku A.7 do załącznika 4B (podejście molowe) lub w dodatku A.8 do załącznika 4B (podejście masowe).

#### 8.1.8.4.5. Wzorcowanie poddźwiękowe (zastrzeżone)

Rysunek 8.1

Schematyczne diagramy przedstawiające wzorcowanie przepływomierzy spalin rozcieńczonych z CVS



- 8.1.8.5. Weryfikacja CVS i urządzenia do pobierania próbek okresowych (próba propanowa)
- 8.1.8.5.1. Wprowadzenie
- a) Próba propanowa służy do weryfikacji CVS w celu sprawdzenia, czy występują rozbieżności w zmierzonych wartościach dotyczących przepływu rozcieńczonych spalin. Próba propanowa służy również do weryfikacji urządzenia do pobierania próbek okresowych w celu sprawdzenia, czy występują rozbieżności w układzie próbkowania okresowego, który pobiera próbki z CVS, jak opisano w ppkt (vi) niniejszego punktu. Stosując właściwą ocenę techniczną oraz bezpieczne praktyki, próbę tę można wykonać z użyciem gazu innego niż propan, np. CO<sub>2</sub> lub CO. Niepowodzenie próby propanowej może oznaczać, że występuje co najmniej jeden z następujących problemów, które mogą wymagać działań naprawczych:
- (i) nieprawidłowe wzorcowania analizatora. Analizator FID należy ponownie wywzorcować, naprawić lub wymienić;
  - (ii) należy sprawdzić tunel CVS, połączenia, mocowania i układ próbkowania HC pod kątem nieszczelności, zgodnie z pkt 8.1.8.7;
  - (iii) należy wykonać weryfikację pod kątem niewłaściwego wymieszania, zgodnie z pkt 9.2.2;
  - (iv) należy wykonać weryfikację zanieczyszczenia układu próbkowania węglowodorami, jak opisano w pkt 7.3.1.2;
  - (v) zmieniło się wzorcowanie CVS. Należy wykonać na miejscu wzorcowanie przepływomierza CVS, jak opisano w pkt 8.1.8.4;
  - (vi) inne problemy z CVS lub sprzętem bądź oprogramowaniem do weryfikacji próbkowania. Układ CVS i sprzęt oraz oprogramowanie do weryfikacji CVS należy sprawdzić pod kątem rozbieżności.
- b) W próbie propanowej wykorzystuje się masę odniesienia lub natężenie przepływu odniesienia C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> jako gazu znakującego w CVS. Jeżeli wykorzystuje się natężenie przepływu odniesienia, należy uwzględnić wszelkie zachowanie niedoskonałe gazu C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> w przepływomierzu odniesienia. Sposób wzorcowania i używania określonych przepływomierzy opisano w dodatku A.7 (podejście molowe) i dodatku A.8 (podejście masowe). W pkt 8.1.8.5 i dodatkach A.7 i A.8 nie można zastosować założenia gazu doskonałego. W próbie propanowej porównuje się masę wstrzykniętego C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> obliczoną na podstawie pomiarów HC i pomiarów natężenia przepływu CVS z wartością odniesienia.
- 8.1.8.5.2. Sposób wprowadzania znanej ilości propanu do układu CVS
- Ogólną dokładność układu pobierania próbek CVS i układu analitycznego ustala się, wprowadzając znaną masę gazu zanieczyszczającego do układu pracującego w normalnym trybie. Analizuje się substancję zanieczyszczającą i oblicza masę zgodnie z dodatkami A.7–A.8. Wykorzystuje się jedną z następujących dwóch technik:
- a) odmierzanie metodą grawimetryczną wykonuje się następująco: masę małej butli napełnionej tlenkiem węgla lub propanem określa się z dokładnością do ±0,01 grama. Układ CVS uruchamia się na około 5–10 minut tak jak podczas normalnego badania emisji spalin, jednocześnie wtryskując do układu tlenek węgla lub propan. Ilość uwolnionego czystego gazu wyznacza się w oparciu o ważenie różnicowe. Próbkę gazu analizuje się za pomocą standardowych urządzeń (worek do próbkowania lub metoda całkowania) i oblicza masę gazu;
  - b) odmierzanie za pomocą kryzy przepływu krytycznego wykonuje się następująco: do układu CVS wprowadza się znaną ilość czystego gazu (tlenku węgla lub propanu) przez skalibrowaną kryzę przepływu krytycznego. Jeżeli ciśnienie wlotowe jest wystarczająco wysokie, natężenie przepływu, które reguluje się za pomocą kryzy przepływu krytycznego, jest niezależne od ciśnienia wylotowego kryzy (przepływu krytycznego). Układ CVS uruchamia się tak jak w przypadku normalnego badania poziomu emisji spalin na około 5–10 minut. Próbkę gazu analizuje się za pomocą standardowych urządzeń (worek do próbkowania lub metoda całkowania) i oblicza masę gazu.
- 8.1.8.5.3. Przygotowanie próby propanowej
- Próbkę propanową przygotowuje się w następujący sposób:
- a) jeżeli zamiast wartości odniesienia natężenia przepływu stosuje się masę odniesienia C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, należy użyć butli napełnionej C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>. Masa C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> w butli odniesienia nie może różnić się od masy C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, jaka ma być użyta w badaniu, o więcej niż ±0,5 %;
  - b) dobiera się odpowiednie natężenia przepływu dla CVS i C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>;

- c) w CVS wybiera się odpowiedni port do wtrysku C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>. Umieszczenie portu musi znajdować się możliwie blisko miejsca, w którym spaliny z silnika są wprowadzane do CVS. Butlę z C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> podłącza się do układu wtryskującego;
- d) CVS musi pracować do ustabilizowania;
- e) wszelkie wymienniki ciepła w układzie pobierania próbek wstępnie rozgrzewa się lub schładza;
- f) należy umożliwić ustabilizowanie się elementów podgrzewanych lub chłodzonych do ich temperatury roboczej, takich jak linie pobierania próbek, filtry, urządzenia schładzające i pompy;
- g) w stosownych przypadkach wykonuje się weryfikację szczelności po stronie podciśnienia w układzie pobierania próbek HC, jak opisano w pkt 8.1.8.7.

#### 8.1.8.5.4. Przygotowanie układu pobierania próbek HC do próby propanowej

Sprawdzenie szczelności po stronie podciśnieniowej w układzie pobierania próbek HC można wykonać zgodnie z lit. g) niniejszego punktu. Przy zastosowaniu tej procedury można zastosować procedurę zanieczyszczenia węglowodorami opisaną w pkt 7.3.1.2. Jeżeli nie wykonuje się sprawdzenia szczelności po stronie podciśnieniowej w układzie pobierania próbek HC zgodnie z lit. g), to układ pobierania próbek HC należy wyzerować, ustawić jego zakres pomiarowy i sprawdzić pod względem zanieczyszczeń w następujący sposób:

- a) należy wybrać najniższy zakres analizatora HC, który może zmierzyć stężenie C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> przewidywane w odniesieniu do wartości natężenia przepływu dla CVS i C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>;
- b) analizator HC zeruje się przy użyciu powietrza obojętnego wprowadzanego do portu analizatora;
- c) ustawia się zakres pomiarowy analizatora HC przy użyciu gazu C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> do ustawiania zakresu, który wprowadza się do portu analizatora;
- d) powietrze obojętne musi przelać się przez sondę HC lub do łącznika między sondą HC a linią przesyłową;
- e) stabilne stężenie HC w układzie pobierania próbek HC mierzy się przy przelewaniu się powietrza obojętnego. W przypadku okresowego pobierania próbek HC napełnia się zbiornik na próbki (np. worek) i mierzy stężenie przelewowe HC;
- f) jeżeli stężenie przelewowe HC przekracza 2 µmol/mol, to procedury nie można kontynuować, dopóki zanieczyszczenie nie zostanie usunięte. Należy określić źródło zanieczyszczenia i podjąć działania naprawcze, takie jak czyszczenie układu lub wymiana zanieczyszczonych części;
- g) jeżeli stężenie przelewowe HC nie przekracza 2 µmol/mol, to wartość tę zapisuje się jako  $x_{HCinit}$  i wykorzystuje do poprawki o stężenie HC, jak opisano w dodatku A.7 do załącznika 4B (podejście molowe) lub w dodatku A.8 do załącznika 4B (podejście masowe).

#### 8.1.8.5.5. Wykonanie próby propanowej

- a) Próbę propanową wykonuje się w następujący sposób:
  - (i) przy okresowym pobieraniu próbek HC podłącza się czyste zasobniki, na przykład opróżnione worki;
  - (ii) przyrządy do pomiarów HC uruchamia się zgodnie z instrukcjami producenta przyrządu;
  - (iii) jeżeli przewiduje się poprawkę o stężenia tła HC w powietrzu rozcieńczającym, mierzy się i zapisuje stężenie węglowodorów tła w powietrzu rozcieńczającym;
  - (iv) zeruje się wszelkie urządzenia całkujące;
  - (v) rozpoczyna się pobieranie próbek i uruchamia wszelkie integratory przepływu;
  - (vi) uwalnia się C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> przy określonym natężeniu przepływu. Jeżeli wykorzystuje się natężenie przepływu odniesienia C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, to uruchamia się całkowanie tego natężenia przepływu;
  - (vii) kontynuuje się uwalnianie C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> do chwili, kiedy uwolniona zostanie co najmniej wystarczająca ilość C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, aby zapewnić dokładne określenie ilościowe gazu odniesienia C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> i gazu mierzzonego C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>;
  - (viii) odcina się butlę z C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> i kontynuuje pobieranie próbek w celu uwzględnienia opóźnień w czasie wynikających z przesyłu próbki i czasu odpowiedzi analizatora;
  - (ix) przerywa się pobieranie próbek i zatrzymuje urządzenia całkujące.

- b) W przypadku pomiaru za pomocą kryzy przepływu krytycznego do próby propanowej można zastosować następującą procedurę jako metodę alternatywną wobec tej z pkt 8.1.8.5.5 lit. a):
- (i) przy okresowym pobieraniu próbek HC podłącza się czyste zasobniki, na przykład opróżnione worki;
  - (ii) przyrządy do pomiarów HC uruchamia się zgodnie z instrukcjami producenta przyrządu;
  - (iii) jeżeli przewiduje się poprawkę o stężenia tła HC w powietrzu rozcieńczającym, mierzy się i zapisuje stężenie węglowodorów tła w powietrzu rozcieńczającym;
  - (iv) zeruje się wszelkie urządzenia całkujące;
  - (v) uwalnia się zawartość butli odniesienia z gazem  $C_3H_8$  przy określonym natężeniu przepływu;
  - (vi) po potwierdzeniu ustalenia się stężenia HC rozpoczyna się pobieranie próbek i uruchamia wszelkie integratory przepływu;
  - (vii) kontynuuje się uwalnianie zawartości butli do chwili, kiedy uwolniona zostanie co najmniej wystarczająca ilość  $C_3H_8$ , aby zapewnić dokładne określenie ilościowe gazu odniesienia  $C_3H_8$  i gazu mierzonego  $C_3H_8$ ;
  - (viii) zatrzymuje się wszelkie urządzenia całkujące;
  - (ix) odcina się butlę odniesienia z gazem  $C_3H_8$ .

#### 8.1.8.5.6. Ocena próby propanowej

Po wykonaniu próby wykonuje się następujące czynności:

- a) próbki pobrane okresowo analizuje się jak najszybciej;
- b) po oznaczeniu HC wynik koryguje się o wartość zanieczyszczenia i stężenia tła;
- c) oblicza się całkowitą masę  $C_3H_8$  w oparciu o dane dotyczące CVS i HC, jak opisano w dodatkach A.7–A.8, przy użyciu masy molowej  $C_3H_8$ ,  $M_{C_3H_8}$ , zamiast efektywnej masy molowej węglowodorów  $M_{HC}$ ;
- d) jeżeli wykorzystuje się masę odniesienia (metoda grawimetryczna), to masę propanu w butli wyznacza się z dokładnością do  $\pm 0,5\%$ , a masę odniesienia  $C_3H_8$  wyznacza się, odejmując masę propanu w pustej butli od masy propanu w pełnej butli. Jeżeli wykorzystuje się kryzę przepływu krytycznego (odmierzenie za pomocą kryzy przepływu krytycznego), to masę propanu wyznacza się przez pomnożenie natężenia przepływu przez czas badania;
- e) masę odniesienia  $C_3H_8$  odejmuje się od masy obliczonej. Jeżeli różnica ta mieści się w granicach  $\pm 3,0\%$  masy odniesienia, to CVS przechodzi weryfikację pomyślnie.

#### 8.1.8.5.7. Weryfikacja układu wtórnego rozcieńczania cząstek stałych

Jeżeli próbę propanową powtarza się w celu sprawdzenia układu wtórnego rozcieńczania cząstek stałych, to do tej weryfikacji stosuje się następującą procedurę z lit. a)–d):

- a) układ pobierania próbek HC konfiguruje się w taki sposób, aby pobierał próbkę w pobliżu umiejscowienia zasobnika do pobierania próbek okresowych (np. w pobliżu filtra cząstek stałych). Jeżeli ciśnienie bezwzględne w tym miejscu jest zbyt małe do pobrania próbki HC, to próbkę tę można pobrać z wylotu pompy urządzenia do pobierania próbek okresowych. Przy pobieraniu z wylotu pompy należy zachować ostrożność, ponieważ normalnie dopuszczalna nieszczelność pompy za przepływomierzem urządzenia do próbkowania okresowego (w kierunku przepływu) spowoduje fałszywe niepowodzenie próby propanowej;
- b) próbę propanową powtarza się w sposób opisany w niniejszym punkcie, ale HC pobiera się z urządzenia do okresowego pobierania próbek;
- c) oblicza się masę  $C_3H_8$ , uwzględniając wszelkie rozcieńczenie wtórne od urządzenia do okresowego pobierania próbek;
- d) masę odniesienia  $C_3H_8$  odejmuje się od masy obliczonej. Jeżeli różnica ta mieści się w granicach  $\pm 5\%$  masy odniesienia, to urządzenie do okresowego pobierania próbek przechodzi weryfikację pomyślnie. Jeżeli nie, to należy podjąć działania naprawcze.

## 8.1.8.5.8. Weryfikacja osuszacza próbki

Jeżeli stosuje się czujnik wilgotności do ciągłego monitorowania punktu rosy na wylocie osuszacza próbek, to niniejsza próba nie ma zastosowania, o ile wilgotność na wylocie osuszacza utrzymywana jest poniżej wartości minimalnych stosowanych do sprawdzania tłumienia, zakłóceń i kompensacji.

- a) Jeżeli stosowany jest osuszacz próbek dozwolony na podstawie pkt 9.3.2.3.1, który usuwa wodę z próbek gazu, to działanie tego urządzenia sprawdza się przy jego instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych, jeżeli jest to termiczne urządzenie schładzające. W przypadku osuszaczy z membraną osmotyczną ich działanie sprawdza się przy pierwszej instalacji, po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych i w ciągu 35 dni przed badaniem;
- b) woda może zakłócić zdolność analizatora do prawidłowego pomiaru przedmiotowych składników spalin, dlatego jest niekiedy usuwana z próbki gazu, zanim dotrze on do analizatora. Na przykład, woda może powodować zakłócenie ujemne w odpowiedzi analizatora CLD na gaz  $\text{NO}_x$  poprzez tłumienie kolizyjne lub też powodować zakłócenie dodatnie w analizatorze NDIR poprzez wywołanie odpowiedzi podobnej do  $\text{CO}$ ;
- c) osuszacz próbki musi spełniać wymagania określone w pkt 9.3.2.3.1 w odniesieniu do punktu rosy  $T_{\text{dew}}$  i ciśnienia bezwzględnego  $p_{\text{total}}$  za osmotycznym osuszaczem membranowym lub termicznym urządzeniem schładzającym (w kierunku przepływu);
- d) w celu oceny sprawności osuszacza stosuje się następującą procedurę weryfikacji osuszacza próbki lub opracowuje inny protokół w oparciu o właściwą ocenę techniczną:
  - (i) niezbędne połączenia wykonuje się z PTFE lub ze stali nierdzewnej;
  - (ii)  $\text{N}_2$  lub powietrze oczyszczone zwilża się poprzez przepuszczenie gazu przez szczelne naczynie z wodą destylowaną, w którym gaz nawilżany jest do najwyższego punktu rosy próbki przewidzianego w czasie próbkowania emisji;
  - (iii) zwilżony gaz wprowadza się przed osuszaczem próbki (w kierunku przeciwnym do przepływu);
  - (iv) Za naczyniem (w kierunku przepływu) zwilżony gaz musi być utrzymywany w temperaturze większej o co najmniej  $5\text{ }^\circ\text{C}$  od swojego punktu rosy;
  - (v) mierzy się punkt rosy zwilżonego gazu,  $T_{\text{dew}}$ , i ciśnienie,  $p_{\text{total}}$ , w miejscu położonym jak najbliżej wlotu do osuszacza próbki, aby sprawdzić, czy wartość punktu rosy odpowiada najwyższej wartości przewidzianej dla badania emisji;
  - (vi) mierzy się punkt rosy zwilżonego gazu,  $T_{\text{dew}}$ , i ciśnienie,  $p_{\text{total}}$ , w miejscu położonym jak najbliżej wylotu z osuszacza próbki;
  - (vii) osuszacz próbki spełnia kryteria weryfikacji, jeżeli wynik z lit. d) ppkt (vi) niniejszego punktu jest mniejszy niż wartość punktu rosy wymagana dla osuszacza próbki zgodnie z pkt 9.3.2.3.1 powiększona o  $2\text{ }^\circ\text{C}$  lub jeżeli ułamek molowy z lit. d) ppkt (vi) jest mniejszy niż odpowiednia wartość wymagana dla osuszacza próbki powiększona o  $0,002\text{ mol/mol}$  lub  $0,2\text{ \% obj}$ . Należy zauważyć, że do celów niniejszej weryfikacji punkt rosy próbki wyraża się jako temperaturę bezwzględną w kelwinach.

## 8.1.8.6. Okresowe wzorcowanie układu poboru próbek cząstek stałych z przepływu częściowego i powiązanych układów pomiaru spalin nierozcieńczonych

## 8.1.8.6.1. Specyfikacje dla pomiaru różnicowego przepływu

Aby w układach rozcieńczania przepływu częściowego pobierana była proporcjonalna próbka spalin, dokładność pomiaru przepływu próbki  $q_{\text{mp}}$  ma szczególne znaczenie, jeżeli przepływ nie jest mierzony bezpośrednio, ale oznaczany poprzez pomiar różnicy przepływu:

$$q_{\text{mp}} = q_{\text{mdew}} - q_{\text{mdw}} \quad (8-1)$$

gdzie:

$q_{\text{mp}}$  = masowe natężenie przepływu próbek spalin do układu rozcieńczania przepływu częściowego

$q_{\text{mdw}}$  = masowe natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego (w stanie mokrym)

$q_{\text{mdew}}$  = masowe natężenie przepływu rozcieńczonych spalin (w stanie mokrym)

W tym przypadku maksymalny dopuszczalny błąd różnicy musi być taki, aby dokładność  $q_{\text{mp}}$  mieściła się w zakresie  $\pm 5\text{ \%}$ , jeżeli stosunek rozcieńczenia jest mniejszy niż 15. Błąd ten można obliczyć, wyciągając średnią kwadratową błędów na każdym przyrządzie.

Dopuszczalne dokładności  $q_{mp}$  można otrzymać przy pomocy jednej z następujących metod:

- dokładności bezwzględne  $q_{mdew}$  i  $q_{mdw}$  wynoszą  $\pm 0,2\%$ , co gwarantuje dokładność  $q_{mp} \leq 5\%$  przy stosunku rozcieńczenia wynoszącym 15. Jednakże przy większych stosunkach rozcieńczenia pojawiają się większe błędy;
- wzorcowanie  $q_{mdw}$  względem  $q_{mdew}$  przeprowadzane jest w taki sposób, aby uzyskać te same dokładności dla  $q_{mp}$  jak w lit. a). Szczegóły opisano w pkt 8.1.8.6.2;
- dokładność  $q_{mp}$  oznaczana jest pośrednio z dokładności stosunku rozcieńczenia określonego przy użyciu gazu znakującego, np.  $CO_2$ . Wymagane są dokładności równoważne metodzie a) dla  $q_{mp}$ ;
- dokładność bezwzględna  $q_{mdew}$  i  $q_{mdw}$  mieści się w przedziale  $\pm 2\%$  pełnej skali, maksymalny błąd różnicy między  $q_{mdew}$  i  $q_{mdw}$  mieści się w zakresie  $0,2\%$ , a błąd liniowości mieści się w zakresie  $\pm 0,2\%$  najwyższej wartości  $q_{mdew}$  stwierdzonej podczas badania.

#### 8.1.8.6.2. Wzorcowanie układu pomiaru przepływu różnicowego

Układ rozcieńczania przepływu częściowego, w którym pobierane są proporcjonalne próbki spalin nierozcieńczonych, musi być okresowo wzorcowany przy użyciu dokładnego przepływomierza zgodnego z normami międzynarodowymi lub krajowymi. Przepływomierz lub przyrządy do pomiaru przepływu wzorcuje się za pomocą jednej z następujących procedur, tak aby przepływ przez sondę,  $q_{mp}$ , do tunelu spełniał wymagania dotyczące dokładności zawarte w pkt 8.1.8.6.1.

- Przepływomierz mierzący  $q_{mdw}$  podłącza się szeregowo do przepływomierza mierzącego  $q_{mdew}$ ; różnicę pomiaru między dwoma przepływomierzami wzorcuje się dla co najmniej 5 punktów kontrolnych z wartościami przepływu rozłożonymi równomiernie między najniższą wartością  $q_{mdw}$  używaną podczas badania oraz wartością  $q_{mdew}$  używaną podczas badania. Tunel rozcieńczający może zostać ominięty;
- wywzorcowane urządzenie do pomiaru przepływu podłącza się szeregowo do przepływomierza mierzącego  $q_{mdew}$ , a dokładność sprawdza się w odniesieniu do wartości użytej w badaniu. Wywzorcowane urządzenie do pomiaru przepływu podłącza się szeregowo do przepływomierza mierzącego  $q_{mdw}$ , a dokładność sprawdza się dla co najmniej 5 ustawień odpowiadających stosunkowi rozcieńczenia z zakresu 3–15, względem wartości  $q_{mdew}$  użytej podczas badania;
- przewód przesyłowy TL (zob. rysunek 9.2) odłącza się od wylotu i podłącza do wywzorcowanego urządzenia do pomiaru przepływu o zakresie wystarczającym do zmierzenia  $q_{mp}$ . Następnie  $q_{mdew}$  należy ustawić na wartość używaną podczas badania, a  $q_{mdw}$  ustawić sekwencyjnie na przynajmniej 5 wartości odpowiadających stosunkowi rozcieńczenia od 3 do 15. Alternatywnie można zapewnić specjalną ścieżkę wzorcowania, w której tunel jest ominięty, ale przepływ całkowity oraz przepływ powietrza rozcieńczającego przechodzi przez odpowiednie mierniki tak jak w rzeczywistym badaniu;
- do przewodu przesyłowego układu wydechowego TL wprowadza się gaz znakujący. Taki gaz znakujący może być składnikiem gazów spalinowych, jak  $CO_2$  lub  $NO_x$ . Po rozcieńczeniu w tunelu wykonuje się pomiar składnika gazu znakującego. Pomiar ten przeprowadza się dla 5 stosunków rozcieńczenia z zakresu od 3 do 15. Dokładność przepływu próbki ustala się na podstawie stosunku rozcieńczenia  $r_d$ :

$$q_{mp} = q_{mdew}/r_d \quad (8-2)$$

Aby zagwarantować dokładność  $q_{mp}$ , uwzględni się dokładność analizatorów gazowych.

#### 8.1.8.6.3. Wymagania specjalne dotyczące pomiaru przepływu różnicowego

Zdecydowanie zaleca się sprawdzenie przepływu węgla z wykorzystaniem rzeczywistych spalin w celu wykrycia problemów z pomiarami i kontrolą oraz sprawdzenia poprawności funkcjonowania układu rozcieńczania przepływu częściowego. Sprawdzenie przepływu węgla należy wykonywać co najmniej po każdej instalacji nowego silnika lub po wprowadzeniu istotnych zmian w konfiguracji hamowni.

Przy sprawdzaniu silnik musi pracować przy szczytowych wartościach momentu obrotowego i prędkości obrotowej lub w innym trybie stacjonarnym, podczas której wytwarzane jest co najmniej  $5\%$   $CO_2$ . Układ pobierania próbek przepływu częściowego musi pracować przy współczynniku rozcieńczenia wynoszącym ok. 15 do 1.

Jeżeli prowadzi się sprawdzanie przepływu węgla, należy zastosować procedurę podaną w dodatku A.4 do załącznika 4B. Natężenia przepływu węgla oblicza się zgodnie z równaniami z dodatku A.4 do załącznika 4B. Wszystkie natężenia przepływu węgla muszą być zgodne w granicach  $5\%$ .



#### 8.1.8.6.3.1. Kontrola przed badaniem

Kontrolę przed badaniem przeprowadza się w następujący sposób w ciągu 2 godzin poprzedzających badanie.

Dokładność przepływomierzy sprawdza się przy użyciu tej samej metody, którą stosuje się do wzorcowania (zob. pkt 8.1.8.6.2), w odniesieniu do co najmniej dwóch punktów, włącznie z wartościami przepływu  $q_{mdw}$  odpowiadającymi stosunkowi rozcieńczenia z zakresu od 5 do 15 dla wartości  $q_{mdew}$  używanej podczas badania.

Jeżeli można wykazać na podstawie zapisów z procedury wzorcowania z pkt 8.1.8.6.2, że wzorcowanie przepływomierza jest stabilne przez dłuższy okres czasu, kontrolę przed badaniem można pominąć.

#### 8.1.8.6.3.2. Określenie czasu przekształcenia

Ustawienia układu przy ocenie czasu przekształcenia muszą być takie same jak podczas pomiarów w czasie badania. Czas przekształcenia zdefiniowany na rysunku 3.1 określa się przy pomocy poniższej metody.

Niezależny przepływomierz odniesienia o zakresie pomiarowym właściwym dla przepływu przez sondę ustawia się szeregowo z sondą i ściśle z nią łączy. Przepływomierz ten musi mieć czas przekształcenia krótszy niż 100 ms dla wielkości przepływu, zmiennych w sposób skokowy, stosowanych przy pomiarze czasu odpowiedzi, przy czym opory przepływu muszą być dostatecznie małe, by nie wpływać na parametry dynamiczne układu rozcieńczenia przepływu częściowego i zostać dobrane zgodnie z właściwą oceną techniczną. Wprowadza się zmianę skokową przepływu spalin (lub przepływu powietrza, jeżeli obliczany jest przepływ spalin) układu rozcieńczania przepływu częściowego, od niskiej wartości przepływu do co najmniej 90 % pełnej skali. Należy stosować to samo urządzenie wyzwalające zmianę skokową, które jest stosowane przy uruchamianiu sterowania antycypacyjnego w badaniu rzeczywistym. Impuls skokowej zmiany przepływu spalin i odpowiedź przepływomierza rejestruje się z częstotliwością próbkowania co najmniej 10 Hz.

Na podstawie tych danych określa się czas przekształcenia dla układu rozcieńczania przepływu częściowego, czyli czas mierzony od początku impulsu zmiany skokowej do osiągnięcia 50 % wartości odpowiedzi przepływomierza. W podobny sposób wyznacza się czasy przekształcenia dla sygnału  $q_{mp}$  (tj. przepływu próbki spalin do układu rozcieńczania przepływu częściowego) oraz sygnału  $q_{mew,i}$  (tj. natężenia masowego przepływu spalin w stanie mokrym pochodzącego z przepływomierza spalin). Sygnały te wykorzystuje się przy sprawdzaniach metodą regresji przeprowadzanych po każdym badaniu (zob. pkt 8.2.1.2).

Obliczenia powtarza się dla co najmniej 5 impulsów wzrostu i spadku, a wyniki uśrednia. Od tak uzyskanej wartości odejmuje się wewnętrzny czas przekształcenia (<100 ms) przepływomierza odniesienia. Jeżeli układ zgodnie z pkt 8.2.1.2 wymaga metody ze sterowaniem „antycypacyjnym”, to wartość określona w ten sposób jest wartością „antycypowaną” dla układu rozcieńczenia przepływu częściowego, którą stosuje się zgodnie z pkt 8.2.1.2.

#### 8.1.8.7. Sprawdzanie szczelności części podciśnieniowej

##### 8.1.8.7.1. Zakres i częstotliwość

Przy pierwszej instalacji układu pobierania próbek, po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych, takich jak zmiana filtrów wstępnych, oraz w ciągu 8 godzin przed każdą sekwencją cyklu pracy należy sprawdzić, czy nie ma istotnych nieszczelności w części podciśnieniowej układu, poprzez przeprowadzenie jednej z prób szczelności opisanych w niniejszej sekcji. Niniejsza weryfikacja nie ma zastosowania do tych części układu rozcieńczania CVS, w których występuje przepływ całkowity.

##### 8.1.8.7.2. Zasady pomiaru

Nieszczelność można wykryć, jeżeli zmierzy się niewielką wartość przepływu, która powinna wynosić zero, wykrywając rozcieńczenie znanego stężenia gazu do ustawiania zakresu pomiarowego podczas przepływu tego gazu przez część podciśnieniową układu próbkowania lub jeżeli zmierzy się wzrost ciśnienia w opróżnionym układzie.

##### 8.1.8.7.3. Próba szczelności w oparciu o mały przepływ

Układ pobierania próbek sprawdza się pod kątem nieszczelności przy małym przepływie w następujący sposób:

a) po stronie sondy próbkującej układ uszczelnia się w jeden z następujących sposobów:

- (i) końcówkę sondy do pobierania próbek zamyka się osłoną lub korkiem;
- (ii) linię przesyłową odłącza się od sondy i zamyka osłoną lub korkiem;
- (iii) zamyka się szczelny zawór umieszczony między sondą a linią przesyłową;

b) włącza się wszystkie pompy podciśnieniowe. Po ustabilizowaniu się układu sprawdza się, czy przepływ przez część podciśnieniową układu próbkowania wynosi mniej niż 0,5 % normalnego roboczego natężenia przepływu w układzie. Typowe przepływy przez analizator i linię bocznikową można oszacować jako przybliżenie normalnego roboczego natężenia przepływu w układzie.

#### 8.1.8.7.4. Próba szczelności w oparciu o rozcieńczenie gazu do ustawiania zakresu pomiarowego

Do tej próby można użyć dowolnego analizatora gazowego. Jeżeli używa się analizatora FID, należy uwzględnić poprawkę na zanieczyszczenie HC w układzie próbkowania, zgodnie z przepisami dodatków A.7 i A.8 na temat oznaczania HC i NMHC. Mylne wyniki eliminuje się poprzez używanie tylko takich analizatorów, które charakteryzują się powtarzalnością wynoszącą 0,5 % lub lepszą w odniesieniu do stężenia gazu do ustawiania zakresu pomiarowego stosowanego w tym badaniu. Próbę szczelności części podciśnieniowej wykonuje się w następujący sposób:

- a) analizator gazowy przygotowuje się tak samo jak do badania emisji;
- b) gaz do ustawiania zakresu pomiarowego doprowadza się do portu analizatora i sprawdza, czy pomiar stężenia tego gazu mieści się w przewidywanych granicach dokładności i powtarzalności pomiaru;
- c) przelew gazu do ustawiania zakresu pomiarowego kieruje się do jednego z następujących miejsc w układzie pobierania próbek:
  - (i) do końcówki sondy do pobierania próbek;
  - (ii) linię przesyłową odłącza się od sondy i gaz do ustawiania zakresu pomiarowego przelewa się przez otwarty koniec linii przesyłowej;
  - (iii) do zaworu trójdrogowego umieszczonego między sondą a linią przesyłową;
- d) sprawdza się, czy zmierzone stężenie gazu do ustawiania zakresu pomiarowego na przelewie nie różni się od stężenia wyjściowego tego gazu o więcej niż  $\pm 0,5\%$ . Jeżeli wartość zmierzona jest mniejsza od oczekiwanej, to wskazuje to na nieszczelność, ale jeżeli wartość ta jest większa od oczekiwanej, to może to wskazywać na problem z gazem do ustawiania zakresu pomiarowego lub z samym analizatorem. Jeżeli wartość zmierzona jest większa od oczekiwanej, nie świadczy to o nieszczelności.

#### 8.1.8.7.5. Próba szczelności w oparciu o stratę podciśnienia

W celu wykonania tej próby wywołuje się podciśnienie w podciśnieniowej objętości układu próbkowania i sprawdza natężenie przecieku w układzie jako stratę podciśnienia. W celu wykonania tej próby objętość części podciśnieniowej układu próbkowania musi być znana z dokładnością do  $\pm 10\%$  jej objętości rzeczywistej. Ponadto do tej próby używa się przyrządów pomiarowych spełniających specyfikację pkt 8.1 i 9.4.

Próbę szczelności w oparciu o stratę podciśnienia wykonuje się w następujący sposób:

- a) po stronie sondy próbkującej układ uszczelnia się jak najbliżej otworu sondy w jeden z następujących sposobów:
  - (i) końcówkę sondy do pobierania próbek zamyka się osłoną lub zatyczką;
  - (ii) linię przesyłową odłącza się od sondy i zamyka osłoną lub zatyczką;
  - (iii) zamyka się szczelny zawór umieszczony między sondą a linią przesyłową;
- b) włącza się wszystkie pompy podciśnieniowe. Wytwarza się podciśnienie reprezentatywne dla normalnych warunków roboczych. W przypadku worków do próbkowania zaleca się dwukrotne przeprowadzenie normalnej procedury wypompowania worków, aby zminimalizować wszelkie zatrzymane ilości;
- c) wyłącza się pompy do pobierania próbek i uszczelnia układ. Następnie mierzy się i zapisuje ciśnienie bezwzględne zatrzymanego gazu i, opcjonalnie, temperaturę bezwzględną układu. Układ pozostawia się na wystarczająco długi czas, aby ustaliły się wszelkie stany przejściowe, oraz na wystarczająco długo, aby przeciek o wielkości 0,5 % mógł wywołać zmianę ciśnienia co najmniej 10 razy większą niż rozdzielczość przetwornika ciśnienia. Ponownie zapisuje się wartość ciśnienia i, opcjonalnie, temperaturę;
- d) oblicza się natężenie przepływu przez nieszczelności przy założeniu zerowej objętości wypompowanych worków, w oparciu o znane wartości objętości układu próbkowania, ciśnienia początkowego i końcowego, opcjonalnych temperatur oraz czasu, jaki upłynął. Następnie sprawdza się, czy natężenie przecieku w oparciu o stratę podciśnienia wynosi mniej niż 0,5 % normalnego roboczego natężenia przepływu w układzie, w następujący sposób:

$$q_{V\text{leak}} = \frac{V_{\text{vac}} \left( \frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right)}{R(t_2 - t_1)} \quad (8-3)$$

gdzie:

$q_{V\text{leak}}$  = natężenie przecieku w oparciu o stratę podciśnienia [mol/s]

$V_{\text{vac}}$  = objętość geometryczna części podciśnieniowej układu pobierania próbek [m<sup>3</sup>]

$R$  = stała molowa gazu [J/(mol·K)]

$p_2$  = ciśnienie bezwzględne w części podciśnieniowej w czasie  $t_2$  [Pa]

$T_2$  = temperatura bezwzględna w części podciśnieniowej w czasie  $t_2$  [K]

$p_1$  = ciśnienie bezwzględne w części podciśnieniowej w czasie  $t_1$  [Pa]

$T_1$  = temperatura bezwzględna w części podciśnieniowej w czasie  $t_1$  [K]

$t_2$  = czas zakończenia próby szczelności w oparciu o stratę podciśnienia [s]

$t_1$  = czas rozpoczęcia próby szczelności w oparciu o stratę podciśnienia [s]

#### 8.1.9. Pomiary CO i CO<sub>2</sub>

##### 8.1.9.1. Sprawdzanie zakłócania analizatorów NDIR CO<sub>2</sub> przez H<sub>2</sub>O

###### 8.1.9.1.1. Zakres i częstotliwość

Jeżeli CO<sub>2</sub> mierzy się za pomocą analizatora NDIR, to wielkość zakłócenia przez H<sub>2</sub>O sprawdza się przy pierwszej instalacji analizatora i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.

###### 8.1.9.1.2. Zasady pomiaru

H<sub>2</sub>O może zakłócać odpowiedź analizatora NDIR na CO<sub>2</sub>. Jeżeli w celu spełnienia kryteriów niniejszej weryfikacji w analizatorze NDIR stosowane są algorytmy kompensacji wykorzystujące pomiary innych gazów, to takie pomiary przeprowadzane są jednocześnie, aby sprawdzić algorytmy kompensacji podczas weryfikacji zakłóceń analizatora.

###### 8.1.9.1.3. Wymagania dla układu

Wielkość zakłócenia analizatora NDIR CO<sub>2</sub> przez H<sub>2</sub>O musi mieścić się w granicach (0,0 ±0,4) mmol/mol (w odniesieniu do przewidywanego średniego stężenia CO<sub>2</sub>).

###### 8.1.9.1.4. Procedura

Zakłócenia sprawdza się w następujący sposób:

- a) analizator NDIR CO<sub>2</sub> uruchamia się, zeruje i ustawia jego zakres pomiarowy tak jak przed badaniem emisji;
- b) wytwarza się zwilżony gaz badawczy poprzez przepuszczenie powietrza obojętnego spełniającego warunki określone w pkt 9.5.1 przez wodę destylowaną w szczelnym naczyniu. Jeżeli próbka nie przechodzi przez osuszacz, temperaturę naczynia reguluje się tak, aby wytworzyć poziom H<sub>2</sub>O co najmniej tak duży jak maksymalna wartość przewidywana podczas badania. Jeżeli próbka przechodzi przez osuszacz w czasie badań, temperaturę naczynia reguluje się tak, aby wytworzyć poziom H<sub>2</sub>O co najmniej tak duży jak określony w pkt 9.3.2.3.1;
- c) za naczyniem (w kierunku przepływu) zwilżony gaz badawczy musi być utrzymywany w temperaturze większej o co najmniej 5 °C od swojego punktu rosy;
- d) zwilżony gaz badawczy wprowadza się do układu pobierania próbek. Zwilżony gaz badawczy można wprowadzić za dowolnym osuszaczem próbki (w kierunku przepływu), jeżeli takie urządzenie jest używane w czasie badania;
- e) mierzy się ułamek molowy wody,  $x_{\text{H}_2\text{O}}$ , dla zwilżonego gazu badawczego, jak najbliżej wlotu do analizatora. Na przykład w celu obliczenia  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  mierzy się punkt rosy  $T_{\text{dew}}$  i ciśnienie bezwzględne  $P_{\text{total}}$ ;
- f) stosuje się właściwą ocenę techniczną, aby zapobiec skraplaniu w liniach przesyłowych, łącznikach i zaworach od punktu, w którym mierzy się  $x_{\text{H}_2\text{O}}$ , aż do analizatora;

- g) uwzględnia się czas potrzebny do ustabilizowania się odpowiedzi analizatora. Czas stabilizacji musi obejmować czas potrzebny na oczyszczenie linii przesyłowej i odpowiedź analizatora;
- h) podczas gdy analizator mierzy stężenie próbki, rejestruje się dane z przedziału czasowego równego 30 s. Następnie oblicza się średnią arytmetyczną z tych danych. Analizator spełnia kryteria pozytywnej weryfikacji zakłóceń, jeżeli otrzymana wartość mieści się w granicach  $(0,0 \pm 0,4)$  mmol/mol.

8.1.9.2. Sprawdzanie zakłócania analizatorów NDIR CO przez H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub>

8.1.9.2.1. Zakres i częstotliwość

Jeżeli CO mierzy się za pomocą analizatora NDIR, to wielkość zakłócenia przez H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> sprawdza się przy pierwszej instalacji analizatora i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.

8.1.9.2.2. Zasady pomiaru

H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> mogą powodować zakłócenie dodatnie w analizatorze NDIR poprzez wywołanie odpowiedzi podobnej do CO. Jeżeli w celu spełnienia kryteriów niniejszej weryfikacji w analizatorze NDIR stosowane są algorytmy kompensacji wykorzystujące pomiary innych gazów, to takie pomiary przeprowadzane są jednocześnie, aby sprawdzić algorytmy kompensacji podczas weryfikacji zakłóceń analizatora.

8.1.9.2.3. Wymagania dla układu

Wielkość łącznego zakłócenia analizatora NDIR CO przez H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> musi mieścić się w granicach  $\pm 2\%$  przewidywanego średniego stężenia CO.

8.1.9.2.4. Procedura

Zakłócenia sprawdza się w następujący sposób:

- a) analizator NDIR CO uruchamia się, zeruje i ustawia jego zakres pomiarowy tak jak przed badaniem emisji;
- b) Wytwarza się zwilżony gaz badawczy CO<sub>2</sub> poprzez przepuszczenie gazu CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego przez wodę destylowaną w szczelnym naczyniu. Jeżeli próbka nie przechodzi przez osuszacz, temperaturę naczynia reguluje się tak, aby wytworzyć poziom H<sub>2</sub>O co najmniej tak duży jak maksymalna wartość przewidywana podczas badania. Jeżeli próbka przechodzi przez osuszacz w czasie badań, temperaturę naczynia reguluje się tak, aby wytworzyć poziom H<sub>2</sub>O co najmniej tak duży jak określony w pkt 8.1.8.5.8. Stężenie zastosowanego gazu CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego musi być co najmniej takie jak maksymalne stężenie przewidywane w badaniu;
- c) zwilżony gaz badawczy CO<sub>2</sub> wprowadza się do układu pobierania próbek. Zwilżony gaz badawczy CO<sub>2</sub> można wprowadzić za dowolnym osuszaczem próbki (w kierunku przepływu), jeżeli takie urządzenie jest używane w czasie badania;
- d) mierzy się ułamek molowy wody,  $x_{\text{H}_2\text{O}}$ , dla zwilżonego gazu badawczego, jak najbliżej wlotu do analizatora. Na przykład w celu obliczenia  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  mierzy się punkt rosy  $T_{\text{dew}}$  i ciśnienie bezwzględne  $P_{\text{total}}$ ;
- e) stosuje się właściwą ocenę techniczną, aby zapobiec skraplaniu w liniach przesyłowych, łącznikach i zaworach od punktu, w którym mierzy się  $x_{\text{H}_2\text{O}}$ , aż do analizatora;
- f) uwzględnia się czas potrzebny do ustabilizowania się odpowiedzi analizatora;
- g) podczas gdy analizator mierzy stężenie próbki, wyniki tych pomiarów rejestruje się przez 30 s. Następnie oblicza się średnią arytmetyczną z tych danych;
- h) analizator spełnia kryteria pozytywnej weryfikacji zakłóceń, jeżeli wynik z lit. g) niniejszej sekcji mieści się w tolerancji określonej w pkt 8.1.9.2.3;
- i) procedury sprawdzania zakłócenia przez CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O można też przeprowadzić oddzielnie. Jeżeli zastosowane poziomy CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O są wyższe niż maksymalne poziomy oczekiwane podczas badań, każdą zarejestrowaną wartość zakłócenia należy pomniejszyć poprzez pomnożenie zarejestrowanej wartości zakłócenia przez iloraz maksymalnej oczekiwanej wartości stężenia i rzeczywistej wartości zastosowanej w trakcie procedury. Można przeprowadzić odrębne procedury sprawdzania zakłóceń przy stężeniu H<sub>2</sub>O (do wartości minimalnej 0,025 mol/mol H<sub>2</sub>O) mniejszym niż maksymalne poziomy oczekiwane podczas badań, z tym że zarejestrowaną wartość zakłócenia H<sub>2</sub>O należy powiększyć poprzez pomnożenie zarejestrowanej wartości zakłócenia przez iloraz maksymalnej oczekiwanej wartości stężenia H<sub>2</sub>O i rzeczywistej wartości zastosowanej w trakcie procedury. Suma dwóch pomniejszonych lub powiększonych wartości zakłócenia musi się mieścić w zakresie tolerancji określonym w pkt 8.1.9.2.3.

## 8.1.10. Pomiary węglowodorów

## 8.1.10.1. Optymalizacja i weryfikacja analizatora FID

## 8.1.10.1.1. Zakres i częstotliwość

Wszystkie analizatory FID wzorcuje się przy ich pierwszej instalacji. Wzorcowanie powtarza się w miarę potrzeb w oparciu o właściwą ocenę techniczną. W odniesieniu do analizatorów FID do pomiaru węglowodorów wykonuje się następujące czynności:

- a) odpowiedź analizatora FID na poszczególne węglowodory należy zoptymalizować przy pierwszej instalacji analizatora i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych. Odpowiedź FID na propylen i toluen musi się mieścić w zakresie 0,9–1,1 odpowiedzi na propan;
- b) współczynnik odpowiedzi analizatora FID na metan (CH<sub>4</sub>) wyznacza się przy pierwszej instalacji analizatora i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych, jak opisano w pkt 8.1.10.1.4 niniejszej sekcji;
- c) Odpowiedź na metan (CH<sub>4</sub>) należy zweryfikować w ciągu 185 dni przed badaniem.

## 8.1.10.1.2. Wzorcowanie

Należy opracować procedurę wzorcowania w oparciu o właściwą ocenę techniczną, na przykład procedurę opierającą się na instrukcji producenta analizatora FID i zalecanej częstotliwości wzorcowania FID. Analizatory FID do oznaczania węglowodorów wzorcuje się za pomocą gazów wzorcowych C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, które spełniają specyfikację z pkt 9.5.1. Analizatory FID do oznaczania CH<sub>4</sub> wzorcuje się za pomocą gazów wzorcowych CH<sub>4</sub>, które spełniają specyfikację z pkt 9.5.1. Niezależnie od składu gazów wzorcowych, analizatory wzorcuje się na podstawie liczby atomów węgla równej jeden (C<sub>1</sub>).

## 8.1.10.1.3. Optymalizacja odpowiedzi analizatora FID do oznaczania HC

Niniejszą procedurę stosuje się tylko do analizatorów FID służących do oznaczania HC.

- a) Przyrząd uruchamia się i wykonuje podstawową regulację parametrów roboczych przy użyciu paliwa FID i powietrza obojętnego, w oparciu o wymagania producenta przyrządu i właściwą ocenę techniczną. Grzane analizatory FID muszą znajdować się w wymaganych zakresach temperatury roboczej. Odpowiedź analizatora FID należy zoptymalizować, tak aby spełnić wymagania współczynników odpowiedzi na węglowodory i próby zakłócenia tlenowego z pkt 8.1.10.1.1 lit. a) i z pkt 8.1.10.2 dla najczęściej stosowanego zakresu pomiarowego przewidywanego podczas badania. W celu dokładnej optymalizacji analizatora FID można zastosować wyższy zakres analizatora w oparciu o zalecenia producenta przyrządu i właściwą ocenę techniczną, jeżeli najczęściej stosowany zakres analizatora jest niższy niż zakres minimalny dla optymalizacji określony przez producenta przyrządu;
- b) grzane analizatory FID muszą znajdować się w wymaganych zakresach temperatury roboczej. Odpowiedź analizatora FID optymalizuje się dla najczęściej stosowanego zakresu pomiarowego przewidywanego podczas badania. Po ustawieniu przepływu paliwa i powietrza według zaleceń producenta do analizatora wprowadza się gaz do ustawiania zakresu pomiarowego;
- c) w celu optymalizacji wykonuje się następujące czynności od (i) do (iv) lub procedurę zalecaną przez producenta przyrządu. Opcjonalnie optymalizację można przeprowadzić przy wykorzystaniu procedur przedstawionych w dok. SAE nr 770141;
  - (i) odpowiedź przy określonym przepływie paliwa określa się z różnicy pomiędzy odpowiedzią na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego a odpowiedzią na gaz zerowy;
  - (ii) przepływ paliwa reguluje się przyrostowo powyżej i poniżej specyfikacji producenta. Odnotowuje się odpowiedź na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego i na gaz zerowy przy tych wartościach przepływu paliwa;
  - (iii) różnicę pomiędzy odpowiedziami na gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego i gaz zerowy przedstawia się na wykresie, a natężenie przepływu paliwa ustawia się w zakresie wyższych wartości krzywej. Jest to wstępne ustawienie natężenia przepływu, które może wymagać dalszej optymalizacji w zależności od wyników dotyczących współczynników odpowiedzi dla węglowodorów oraz próby zakłócenia tlenowego, stosownie do pkt 8.1.10.1.1 lit. a) i pkt 8.1.10.2;
  - (iv) jeżeli zakłócenie tlenowe lub współczynniki odpowiedzi dla węglowodorów nie spełniają poniższych wymagań, przepływ powietrza reguluje się przyrostowo powyżej i poniżej specyfikacji producenta, powtarzając dla każdego przepływu procedury opisane w pkt 8.1.10.1.1 lit. a) i w pkt 8.1.10.2;
- d) określa się optymalną wielkość natężenia przepływu lub ciśnienia dla paliwa FID i powietrza palnikowego oraz pobiera i rejestruje ich próbki do celów referencyjnych.

8.1.10.1.4. Wyznaczanie współczynnika odpowiedzi analizatora FID HC dla CH<sub>4</sub>

Niniejszą procedurę stosuje się tylko do analizatorów FID służących do oznaczania HC. Ponieważ analizatory FID mają z reguły różne odpowiedzi dla CH<sub>4</sub> w porównaniu z C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, po optymalizacji FID dla każdego analizatora FID THC wyznacza się współczynnik odpowiedzi dla CH<sub>4</sub> –  $RF_{CH_4[THC-FID]}$ . Do obliczeń służących do oznaczania HC opisanych w dodatku A.7 do załącznika 4B (podejście molowe) lub w dodatku A.8 do załącznika 4B (podejście masowe) wykorzystuje się najnowszy współczynnik  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  zmierzony zgodnie z niniejszym punktem, aby skompensować odpowiedź dla CH<sub>4</sub>. Współczynnik  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  wyznacza się w następujący sposób, biorąc pod uwagę, że  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  nie wyznacza się dla analizatorów FID, które wzorcują się i których zakres pomiarowy ustawia się przy użyciu CH<sub>4</sub> i separatora węglowodorów niemetanowych:

- a) dobiera się stężenie gazu C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego w celu ustawienia zakresu pomiarowego analizatora przed badaniem. Dobiera się tylko takie gazy do ustawiania zakresu pomiarowego, które spełniają specyfikacje z pkt 9.5.1, oraz zapisuje się stężenie C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> w gazie;
- b) dobiera się gaz CH<sub>4</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego, który spełnia specyfikacje z pkt 9.5.1, oraz zapisuje się stężenie CH<sub>4</sub> w gazie;
- c) analizator FID uruchamia się zgodnie z instrukcjami producenta;
- d) sprawdza się, czy analizator FID został wywzorcowany przy użyciu C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>. Wzorcowanie przeprowadza się na podstawie liczby atomów węgla równej jeden (C<sub>1</sub>);
- e) analizator FID zeruje się przy pomocy gazu zerowego używanego przy badaniach emisji;
- f) ustawia się zakres pomiarowy analizatora FID przy użyciu wybranego gazu C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego;
- g) gaz CH<sub>4</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego wybrany zgodnie z lit. b) powyżej wprowadza się do portu pobierania próbek analizatora FID;
- h) stabilizuje się odpowiedź analizatora. Czas stabilizacji może obejmować czas potrzebny na oczyszczenie analizatora i odpowiedź analizatora;
- i) podczas gdy analizator mierzy stężenie CH<sub>4</sub>, rejestruje się dane z próbkowania z przedziału czasowego równego 30 s i oblicza średnie arytmetyczne tych wartości;
- j) średnie zmierzone stężenie dzieli się przez zarejestrowane stężenie gazu wzorcowego CH<sub>4</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego. Otrzymana wartość to współczynnik odpowiedzi analizatora FID dla CH<sub>4</sub>,  $RF_{CH_4[THC-FID]}$ .

8.1.10.1.5. Weryfikacja odpowiedzi analizatora FID HC dla metanu (CH<sub>4</sub>)

Niniejszą procedurę stosuje się tylko do analizatorów FID służących do oznaczania HC. Jeżeli wartość  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  z pkt 8.1.10.1.4 nie różni się o więcej niż ±5,0 % od swojej poprzednio wyznaczonej wartości, to analizator FID do oznaczania HC przechodzi weryfikację odpowiedzi dla metanu z wynikiem pozytywnym.

- a) Po pierwsze należy sprawdzić, czy wszystkie wartości ciśnienia lub natężenia przepływu dla paliwa FID, powietrza palnikowego i próbki nie różnią się od ostatnio zarejestrowanych wartości o więcej niż ±0,5 %, jak opisano w pkt 8.1.10.1.3 niniejszej sekcji. Jeżeli wartości te trzeba wyregulować, to wyznacza się nowy współczynnik  $RF_{CH_4[THC-FID]}$ , jak opisano w pkt 8.1.10.1.4 niniejszej sekcji. Należy sprawdzić, czy nowa wartość  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  mieści się w tolerancji określonej w niniejszym pkt 8.1.10.1.5;
- b) jeżeli współczynnik  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  nie mieści się w tolerancji określonej w niniejszym pkt 8.1.10.1.5, należy ponownie wykonać optymalizację odpowiedzi analizatora FID, jak opisano w pkt 8.1.10.1.3 niniejszej sekcji;
- c) wyznacza się nowy współczynnik  $RF_{CH_4[THC-FID]}$ , jak opisano w pkt 8.1.10.1.4 niniejszej sekcji. Taką nową wartość  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  stosuje się do obliczeń służących do oznaczania HC opisanych w dodatku A.7 do załącznika 4B (podejście molowe) lub w dodatku A.8 do załącznika 4B (podejście masowe).

8.1.10.2. Weryfikacja niestechiometrycznego zakłócenia analizatora FID spalin nierozcieńczonych przez O<sub>2</sub>

## 8.1.10.2.1. Zakres i częstotliwość

Jeżeli analizatory FID są używane do pomiarów spalin nierozcieńczonych, to wielkość zakłócenia analizatora FID przez O<sub>2</sub> sprawdza się przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.

## 8.1.10.2.2. Zasady pomiaru

Zmiany stężenia  $O_2$  w nierozcieńczonych spalinach mogą mieć wpływ na odpowiedź analizatora FID poprzez zmianę temperatury płomienia FID. W celu spełnienia kryteriów niniejszej weryfikacji należy zoptymalizować przepływ paliwa FID, powietrza palnikowego i próbki. Działanie FID sprawdza się przy użyciu algorytmów kompensacji zakłóceń analizatora FID przez  $O_2$ , które występują podczas badań emisji.

## 8.1.10.2.3. Wymagania dla układu

Wszelkie analizatory FID używane do badań muszą spełniać kryteria weryfikacji zakłócenia przez  $O_2$  zgodnie z procedurą opisaną w niniejszej sekcji.

## 8.1.10.2.4. Procedura

Zakłócenie analizatora FID przez  $O_2$  określa się w następujący sposób, biorąc pod uwagę, że do wytworzenia stężeń gazu odniesienia wymaganych do wykonania niniejszej weryfikacji może być stosowanych kilka rozdzielaczy gazu:

- a) Dobiera się trzy gazy odniesienia do ustawiania zakresu pomiarowego, które spełniają specyfikację z pkt 9.5.1 i zawierają stężenie  $C_3H_8$  używane do ustawiania zakresu pomiarowego analizatorów przed badaniem emisji. W przypadku analizatorów FID wywzorcowanych przy użyciu  $CH_4$  i separatora węglowodorów niemietanowych można stosować tylko gazy odniesienia  $CH_4$  do ustawiania zakresu pomiarowego, które spełniają specyfikację z pkt 9.5.1. Trzy stężenia gazów dopełniających dobiera się w taki sposób, aby stężenia  $O_2$  i  $N_2$  odpowiadały minimalnym, maksymalnym i pośrednim stężeniom  $O_2$  przewidywanym w czasie badania. Wymóg dotyczący użycia pośredniego stężenia  $O_2$  można pominąć, jeżeli analizator FID został wywzorcowany przy użyciu gazu do ustawiania zakresu pomiarowego, który był dopełniony tlenem o średnim stężeniu przewidywanym dla badania;
- b) sprawdza się, czy analizator FID spełnia wszystkie specyfikacje określone w pkt 8.1.10.1;
- c) analizator FID uruchamia się i pracuje on tak jak przed badaniem emisji. Niezależnie od źródła powietrza do palnika analizatora FID podczas badania, do celów niniejszej weryfikacji jako źródło powietrza do palnika stosuje się powietrze obojętne;
- d) analizator ustawia się na wartość zerową;
- e) ustawia się zakres pomiarowy analizatora przy użyciu gazu do ustawiania zakresu pomiarowego, którego używa się podczas badania emisji;
- f) odpowiedź zerową sprawdza się przy użyciu gazu zerowego używanego podczas badania emisji. Należy przejść do następnej czynności, jeżeli średnia odpowiedź zerowa z danych z próbkowania zgromadzonych przez 30 s nie różni się o więcej niż  $\pm 0,5\%$  od wartości odniesienia gazu do ustawiania zakresu pomiarowego z lit. e) powyżej; w przeciwnym razie procedurę należy powtórzyć, zaczynając od lit. d) powyżej;
- g) sprawdza się odpowiedź analizatora przy użyciu gazu do ustawiania zakresu pomiarowego, który ma najmniejsze stężenie  $O_2$  przewidywane podczas badania. Średnią odpowiedź na podstawie ustabilizowanych danych z próbkowania zgromadzonych przez 30 s zapisuje się jako  $x_{O_2\min HC}$ ;
- h) odpowiedź zerową analizatora FID sprawdza się przy użyciu gazu zerowego używanego podczas badania emisji. Należy przejść do następnej czynności, jeżeli średnia odpowiedź zerowa z ustabilizowanych danych z próbkowania zgromadzonych przez 30 s nie różni się od wartości odniesienia gazu do ustawiania zakresu pomiarowego z lit. e) powyżej o więcej niż  $\pm 0,5\%$ ; w przeciwnym razie procedurę należy powtórzyć, zaczynając od lit. d) powyżej;
- i) sprawdza się odpowiedź analizatora przy użyciu gazu do ustawiania zakresu pomiarowego, który ma średnie stężenie  $O_2$  przewidywane podczas badania. Średnią odpowiedź na podstawie ustabilizowanych danych z próbkowania zgromadzonych przez 30 s zapisuje się jako  $x_{O_2\text{avg}HC}$ ;
- j) odpowiedź zerową analizatora FID sprawdza się przy użyciu gazu zerowego używanego podczas badania emisji. Należy przejść do następnej czynności, jeżeli średnia odpowiedź zerowa z ustabilizowanych danych z próbkowania zgromadzonych przez 30 s nie różni się o więcej niż  $\pm 0,5\%$  od wartości odniesienia gazu do ustawiania zakresu pomiarowego z lit. e) powyżej; w przeciwnym razie procedurę należy powtórzyć, zaczynając od lit. d) powyżej;
- k) sprawdza się odpowiedź analizatora przy użyciu gazu do ustawiania zakresu pomiarowego, który ma największe stężenie  $O_2$  przewidywane podczas badania. Średnią odpowiedź na podstawie ustabilizowanych danych z próbkowania zgromadzonych przez 30 s zapisuje się jako  $x_{O_2\max HC}$ ;
- l) odpowiedź zerową analizatora FID sprawdza się przy użyciu gazu zerowego używanego podczas badania emisji. Należy przejść do następnej czynności, jeżeli średnia odpowiedź zerowa z ustabilizowanych danych z próbkowania zgromadzonych przez 30 s nie różni się o więcej niż  $\pm 0,5\%$  od wartości odniesienia gazu do ustawiania zakresu pomiarowego z lit. e) powyżej; w przeciwnym razie procedurę należy powtórzyć, zaczynając od lit. d) powyżej;

- m) oblicza się różnicę procentową między  $x_{O_2maxHC}$  a stężeniem odpowiedniego gazu odniesienia dla tej wielkości. Oblicza się różnicę procentową między  $x_{O_2avgHC}$  a stężeniem odpowiedniego gazu odniesienia dla tej wielkości. Oblicza się różnicę procentową między  $x_{O_2minHC}$  a stężeniem odpowiedniego gazu odniesienia dla tej wielkości. Określa się największą procentową różnicę z trzech powyższych. Wartość ta stanowi zakłócenie przez  $O_2$ ;
- n) jeżeli zakłócenie przez  $O_2$  mieści się w granicach  $\pm 3\%$ , to FID przechodzi weryfikację zakłócenia przez  $O_2$ ; w przeciwnym razie należy wykonać co najmniej jedną z poniższych czynności, aby usunąć wadę:
- (i) weryfikację powtarza się, aby sprawdzić, czy nie popełniono błędów w czasie procedury;
  - (ii) do badań emisji dobiera się taki gaz zerowy i gaz do ustawiania zakresu pomiarowego, których stężenie  $O_2$  jest większe lub mniejsze niż poprzednio, i powtarza się weryfikację;
  - (iii) reguluje się natężenie przepływu powietrza palnikowego, paliwa i próbki w analizatorze FID. Należy pamiętać, że jeżeli dla danego analizatora FID THC natężenia te zostaną zmienione w celu spełnienia kryteriów weryfikacji zakłócenia przez  $O_2$ , to do kolejnej weryfikacji  $RF_{CH_4}$  trzeba ponownie ustalić  $RF_{CH_4}$ . Po regulacji powtarza się weryfikację zakłócenia przez  $O_2$  i wyznacza  $RF_{CH_4}$ ;
  - (iv) analizator FID poddaje się naprawie lub wymianie i następnie powtarza się weryfikację zakłócenia przez  $O_2$ .

### 8.1.10.3. Współczynniki przenikania dla separatora węglowodorów niemietanowych

#### 8.1.10.3.1. Zakres i częstotliwość

Jeżeli do oznaczania metanu ( $CH_4$ ) używany jest analizator FID i separator węglowodorów niemietanowych (NMC), to wyznacza się sprawność konwersji tego separatora dla metanu,  $E_{CH_4}$ , i etanu,  $E_{C_2H_6}$ . Jak określono w niniejszym punkcie, wartości tych sprawności konwersji można wyznaczyć jako kombinację sprawności konwersji NMC i współczynników odpowiedzi analizatora FID, w zależności od danej konfiguracji NMC i analizatora FID.

Niniejszą weryfikację wykonuje się po zainstalowaniu separatora węglowodorów niemietanowych. Weryfikację powtarza się w ciągu 185 dni przed badaniem, aby sprawdzić, czy aktywność katalityczna separatora nie uległa pogorszeniu.

#### 8.1.10.3.2. Zasady pomiaru

Separator węglowodorów niemietanowych to podgrzewany katalizator, który usuwa węglowodory niemietanowe ze strumienia spalin, zanim analizator FID zmierzy pozostałe stężenie węglowodorów. W przypadku idealnego separatora węglowodorów niemietanowych sprawność konwersji metanu  $E_{CH_4}$  [-] wynosiłaby 0 (to znaczy współczynnik przenikania metanu  $PF_{CH_4}$  wynosiłby 1,000), a sprawność konwersji dla wszystkich pozostałych węglowodorów, reprezentowana przez sprawność konwersji etanu  $E_{C_2H_6}$  [-], wynosiłaby 1,000 (to znaczy, współczynnik przenikania etanu  $PF_{C_2H_6}$  [-] wynosiłby 0). W obliczeniach emisji z dodatku A.7 do załącznika 4B lub dodatku A.8 do załącznika 4B wykorzystuje się zmierzone wartości sprawności konwersji  $E_{CH_4}$  i  $E_{C_2H_6}$  z niniejszego punktu w celu uwzględnienia niedoskonałego działania separatora NMC.

#### 8.1.10.3.3. Wymagania dla układu

Sprawności konwersji NMC nie są ograniczone do określonego zakresu. Niemniej jednak zaleca się optymalizację separatora węglowodorów niemietanowych poprzez wyregulowanie jego temperatury w celu osiągnięcia  $E_{CH_4} < 0,15$  i  $E_{C_2H_6} > 0,98$  ( $PF_{CH_4} > 0,85$  i  $PF_{C_2H_6} < 0,02$ ), jak określono w pkt 8.1.10.3.4, w stosownych przypadkach. Jeżeli regulacja temperatury NMC nie pozwala na osiągnięcie tych wyników, to zaleca się wymianę materiału katalizatora. Najnowsze wartości sprawności określone zgodnie z niniejszą sekcją stosuje się do obliczenia emisji HC zgodnie z dodatkami A.7–A.8, w stosownych przypadkach.

#### 8.1.10.3.4. Procedura

Zaleca się dowolną z procedur określonych w pkt 8.1.10.3.4.1, 8.1.10.3.4.2 i 8.1.10.3.4.3. Można też zastosować metodę alternatywną zalecaną przez producenta przyrządu.

#### 8.1.10.3.4.1. Procedura dla analizatora FID wzorcowanego z separatorem węglowodorów niemietanowych (NMC)

Jeżeli analizator FID do oznaczania  $CH_4$  jest zawsze wzorcowany z NMC, to zakres FID z podłączonym NMC ustawia się za pomocą gazu  $CH_4$  do ustawiania zakresu pomiarowego, iloczyn współczynnika odpowiedzi takiego FID dla  $CH_4$  i współczynnika przenikania  $CH_4$ , czyli  $RFPF_{CH_4[NMC-FID]}$ , ustawia się na 1,0 (tj. sprawność  $E_{CH_4}$  [-] na 0) dla wszystkich obliczeń emisji, a połączony współczynnik odpowiedzi i współczynnik przenikania dla etanu ( $C_2H_6$ ), czyli  $RFPF_{C_2H_6[NMC-FID]}$  (i sprawność  $E_{C_2H_6}$  [-]), wyznacza się w następujący sposób:



- a) wybrana mieszanina gazowa  $\text{CH}_4$  i analityczna mieszanina gazowa  $\text{C}_2\text{H}_6$  muszą spełniać wymagania pkt 9.5.1. Dobiera się stężenie  $\text{CH}_4$  do ustawiania zakresu pomiarowego analizatora FID podczas badań emisji i stężenie  $\text{C}_2\text{H}_6$ , które jest typowe dla szczytowych stężeń NMHC oczekiwanych podczas badania wzorca węglowodorów lub równe wartości zakresowej analizatora THC;
- b) separator węglowodorów niemietanowych uruchamia się, obsługuje i optymalizuje zgodnie z instrukcjami producenta, włącznie z optymalizacją temperatury;
- c) sprawdza się, czy analizator FID spełnia wszystkie specyfikacje określone w pkt 8.1.10.1;
- d) analizator FID uruchamia się zgodnie z instrukcjami producenta;
- e) ustawia się zakres pomiarowy analizatora FID wraz z separatorem przy użyciu gazu  $\text{CH}_4$  do ustawiania zakresu pomiarowego. Zakres pomiarowy analizatora FID ustawia się na podstawie  $\text{C}_1$ . Na przykład, jeżeli gaz do ustawiania zakresu pomiarowego ma wartość odniesienia  $\text{CH}_4$  równą  $100 \mu\text{mol/mol}$ , to właściwa odpowiedź analizatora FID na ten gaz to  $100 \mu\text{mol/mol}$ , ponieważ w jednej cząsteczce  $\text{CH}_4$  znajduje się jeden atom węgla;
- f) analityczną mieszaninę gazową  $\text{C}_2\text{H}_6$  wprowadza się przed separatorem węglowodorów niemietanowych (w kierunku przeciwnym do przepływu);
- g) stabilizuje się odpowiedź analizatora. Czas stabilizacji może obejmować czas potrzebny na oczyszczenie separatora węglowodorów niemietanowych i uwzględnienie odpowiedzi analizatora;
- h) podczas gdy analizator mierzy ustabilizowane stężenie, rejestruje się dane z próbkowania zgromadzone przez 30 s i oblicza średnie arytmetyczne tych punktów danych;
- i) średnią dzieli się przez wartość odniesienia  $\text{C}_2\text{H}_6$ , przekształconą na wartość dla  $\text{C}_1$ . Otrzymany wynik to połączony współczynnik odpowiedzi i przenikania dla  $\text{C}_2\text{H}_6$ , czyli  $RFPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$ , równoważny  $(1 - E_{\text{C}_2\text{H}_6} [-])$ . Taki połączony współczynnik odpowiedzi i przenikania oraz iloczyn współczynnika odpowiedzi dla  $\text{CH}_4$  i współczynnika przenikania dla  $\text{CH}_4$ ,  $RFPF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]}$ , który przyjmuje się za równy 1,0, stosowane są do obliczeń emisji zgodnie, odpowiednio, z dodatkiem A.7 lub A.8.

#### 8.1.10.3.4.2. Procedura dla analizatora FID wzorcowanego przy użyciu propanu z obejściem NMC

Jeżeli używany jest analizator FID z NMC wzorcowany przy użyciu propanu ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), który nie przechodzi przez NMC, to współczynniki przenikania  $PF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$  i  $PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]}$  wyznacza się w następujący sposób:

- a) dobiera się mieszaninę gazową  $\text{CH}_4$  i analityczną mieszaninę gazową  $\text{C}_2\text{H}_6$ , które spełniają wymagania pkt 9.5.1, przy czym stężenie  $\text{CH}_4$  musi być typowe dla szczytowego stężenia tego gazu przewidywanego dla wzorca węglowodorów, a stężenie  $\text{C}_2\text{H}_6$  musi być typowe dla szczytowego stężenia węglowodorów całkowitych (THC) przewidywanego dla wzorca węglowodorów lub równe wartości zakresowej analizatora THC;
- b) separator węglowodorów niemietanowych uruchamia się i obsługuje zgodnie z instrukcjami producenta, włącznie z optymalizacją temperatury;
- c) sprawdza się, czy analizator FID spełnia wszystkie specyfikacje określone w pkt 8.1.10.1;
- d) analizator FID uruchamia się zgodnie z instrukcjami producenta;
- e) analizator FID zeruje się i ustawia jego zakres pomiarowy tak jak przy badaniach emisji. Zakres pomiarowy analizatora FID ustawia się z obejściem separatora, przy użyciu wybranego gazu  $\text{C}_3\text{H}_8$  do ustawiania zakresu pomiarowego. Zakres pomiarowy analizatora FID ustawia się na podstawie  $\text{C}_1$ ;
- f) analityczną mieszaninę gazową  $\text{C}_2\text{H}_6$  wprowadza się przed separatorem węglowodorów niemietanowych (w kierunku przeciwnym do przepływu), w tym samym miejscu, w którym wprowadzono gaz zerowy;
- g) uwzględnia się czas potrzebny do ustabilizowania się odpowiedzi analizatora. Czas stabilizacji może obejmować czas potrzebny na oczyszczenie separatora węglowodorów niemietanowych i uwzględnienie odpowiedzi analizatora;
- h) podczas gdy analizator mierzy ustabilizowane stężenie, rejestruje się dane z próbkowania zgromadzone przez 30 s i oblicza średnie arytmetyczne tych punktów danych;
- i) drogę przepływu zmienia się w celu obejścia separatora węglowodorów niemietanowych, do obejścia wprowadza się analityczną mieszaninę gazową  $\text{C}_2\text{H}_6$  i powtarza się czynności z lit. g)–h) powyżej;

- j) średnie stężenie  $C_2H_6$  zmierzone dla przepływu przez separator węglowodorów niemietanowych dzieli się przez średnie stężenie zmierzone po obejściu separatora. Otrzymany wynik to współczynnik przenikania dla  $C_2H_6$ , czyli  $PF_{C_2H_6[NMC-FID]}$ , który jest równoważny  $(1 - E_{C_2H_6} [-])$ . Ten współczynnik przenikania stosuje się zgodnie z, odpowiednio, dodatkiem A.7 lub A.8.
- k) powtarza się czynności opisane w lit. f)– j) powyżej, z tym że zamiast mieszaniny analitycznej  $C_2H_6$  stosuje się mieszaninę  $CH_4$ . Otrzymany wynik to współczynnik przenikania dla  $CH_4$ , czyli  $PF_{CH_4[NMC-FID]}$ , który jest równoważny  $(1 - E_{CH_4} [-])$ . Ten współczynnik przenikania stosuje się zgodnie z, odpowiednio, dodatkiem A.7 lub A.8.

#### 8.1.10.3.4.3. Procedura dla analizatora FID wzorcowanego przy użyciu metanu z obejściem NMC

Jeżeli używany jest analizator FID z NMC wzorcowany przy użyciu metanu ( $CH_4$ ) z obejściem NMC, to wyznacza się dla tego analizatora połączony współczynnik odpowiedzi i przenikania dla etanu ( $C_2H_6$ ), czyli  $RFPF_{C_2H_6[NMC-FID]}$ , oraz współczynniki przenikania dla  $CH_4$ , czyli  $PF_{CH_4[NMC-FID]}$ , w następujący sposób:

- a) dobiera się mieszaniny analityczne  $CH_4$  i  $C_2H_6$ , które spełniają wymagania pkt 9.5.1, przy czym stężenie  $CH_4$  musi być typowe dla szczytowego stężenia tego gazu przewidywanego dla wzorca węglowodorów, a stężenie  $C_2H_6$  musi być typowe dla szczytowego stężenia węglowodorów całkowitych (THC) przewidywanego dla wzorca węglowodorów lub równe wartości zakresowej analizatora THC;
- b) separator węglowodorów niemietanowych uruchamia się i obsługuje zgodnie z instrukcjami producenta, włącznie z optymalizacją temperatury;
- c) sprawdza się, czy analizator FID spełnia wszystkie specyfikacje określone w pkt 8.1.10.1;
- d) analizator FID uruchamia się i obsługuje zgodnie z instrukcjami producenta;
- e) Analizator FID zeruje się i ustawia jego zakres pomiarowy tak jak przy badaniach emisji. Zakres pomiarowy analizatora FID ustawia się z obejściem separatora przy użyciu gazu  $CH_4$  do ustawiania zakresu pomiarowego. Należy zauważyć, że zakres pomiarowy analizatora FID ustawia się na podstawie  $C_1$ . Na przykład, jeżeli gaz do ustawiania zakresu pomiarowego ma wartość odniesienia dla metanu równą  $100 \mu\text{mol/mol}$ , to właściwa odpowiedź analizatora FID na ten gaz to  $100 \mu\text{mol/mol}$ , ponieważ w jednej cząsteczce  $CH_4$  znajduje się jeden atom węgla;
- f) analityczną mieszaninę gazową  $C_2H_6$  wprowadza się przed separatorem węglowodorów niemietanowych (w kierunku przeciwnym do przepływu), w tym samym miejscu, w którym wprowadzono gaz zerowy;
- g) uwzględnia się czas potrzebny do ustabilizowania się odpowiedzi analizatora. Czas stabilizacji może obejmować czas potrzebny na oczyszczenie separatora węglowodorów niemietanowych i uwzględnienie odpowiedzi analizatora;
- h) podczas gdy analizator mierzy ustabilizowane stężenie, rejestruje się dane z próbkowania zgromadzone przez 30 s. Następnie oblicza się średnią arytmetyczną z tych punktów danych;
- i) drogę przepływu zmienia się w celu obejścia separatora węglowodorów niemietanowych, do obejścia wprowadza się analityczną mieszaninę gazową  $C_2H_6$  i powtarza się czynności z lit. g)–h) powyżej;
- j) średnie stężenie  $C_2H_6$  zmierzone dla przepływu przez separator węglowodorów niemietanowych dzieli się przez średnie stężenie zmierzone po obejściu separatora. Otrzymany wynik to połączony współczynnik odpowiedzi i przenikania dla  $C_2H_6$ , czyli  $RFPF_{C_2H_6[NMC-FID]}$ . Ten połączony współczynnik odpowiedzi i przenikania stosuje się zgodnie z, odpowiednio, dodatkiem A.7 lub A.8;
- k) powtarza się czynności opisane w lit. f)– j) powyżej, z tym że zamiast mieszaniny analitycznej  $C_2H_6$  stosuje się mieszaninę  $CH_4$ . Otrzymany wynik to współczynnik przenikania dla  $CH_4$ , czyli  $PF_{CH_4[NMC-FID]}$ . Ten współczynnik przenikania stosuje się zgodnie z, odpowiednio, dodatkiem A.7 lub A.8.

#### 8.1.11. Pomiary $NO_x$

##### 8.1.11.1. Weryfikacja tłumienia CLD przez $CO_2$ i $H_2O$

###### 8.1.11.1.1. Zakres i częstotliwość

Jeżeli  $NO_x$  mierzy się za pomocą analizatora CLD, to wielkość tłumienia przez  $H_2O$  i  $CO_2$  sprawdza się przy pierwszej instalacji analizatora CLD i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.

## 8.1.11.1.2. Zasady pomiaru

H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> mogą ujemnie zakłócać odpowiedź analizatora CLD na NO<sub>x</sub> poprzez tłumienie kolizyjne, które hamuje reakcję chemiluminescencyjną wykorzystywaną w analizatorze CLD do wykrywania NO<sub>x</sub>. Niniejsza procedura oraz obliczenia w pkt 8.1.11.2.3 służą do określania tłumienia i skalowania wyników tłumienia do maksymalnego ułamka molowego H<sub>2</sub>O i maksymalnego stężenia CO<sub>2</sub> przewidywanych podczas badania emisji. Jeżeli w analizatorze CLD stosowane są algorytmy kompensacji wykorzystujące przyrządy do pomiaru H<sub>2</sub>O lub CO<sub>2</sub>, oceny tłumienia dokonuje się, gdy przyrządy te są aktywne i z zastosowaniem algorytmów kompensacji.

## 8.1.11.1.3. Wymagania dla układu

W przypadku pomiarów gazów rozcieńczonych wartość połączonego tłumienia analizatora CLD przez H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> nie może przekraczać ±2 %. W przypadku pomiarów gazów nierozcieńczonych wartość połączonego tłumienia analizatora CLD przez H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> nie może przekraczać ±2 %. Połączone tłumienie to suma tłumienia przez CO<sub>2</sub> określonego w sposób opisany w pkt 8.1.11.1.4 i tłumienia przez H<sub>2</sub>O określonego w sposób opisany w pkt 8.1.11.1.5. Jeżeli wymagania te nie są spełnione, należy podjąć środki naprawcze w postaci naprawy lub wymiany analizatora. Przed wykonaniem badań emisji należy sprawdzić, czy działania naprawcze przywróciły prawidłowe działanie analizatora.

8.1.11.1.4. Procedura weryfikacji tłumienia przez CO<sub>2</sub>

Do określenia tłumienia przez CO<sub>2</sub> można zastosować metodę opisaną poniżej lub metodę przewidzianą przez producenta przyrządu, z wykorzystaniem rozdzielacza gazu, który miesza dwuskładnikowe gazy do ustawiania zakresu pomiarowego z gazem zerowym jako rozcieńczalnikiem i spełnia wymagania pkt 9.4.5.6, lub też zastosować właściwą ocenę techniczną w celu opracowania innego protokołu.

- a) niezbędne połączenia wykonuje się z PTFE lub ze stali nierdzewnej;
- b) rozdzielacz gazu konfiguruje się w taki sposób, aby mieszały się ze sobą prawie równe ilości gazu do ustawiania zakresu pomiarowego i gazu rozcieńczającego;
- c) jeżeli analizator CLD ma tryb roboczy, w którym wykrywany jest tylko NO, a nie tlenki NO<sub>x</sub> ogółem, to analizator CLD należy przełączyć na taki tryb do wykrywania tylko NO;
- d) stosuje się gaz CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego, który spełnia specyfikacje pkt 9.5.1, o stężeniu około dwukrotnie większym od maksymalnego stężenia CO<sub>2</sub> przewidywanego podczas badań emisji;
- e) stosuje się gaz NO do ustawiania zakresu pomiarowego, który spełnia specyfikacje pkt 9.5.1, o stężeniu około dwukrotnie większym od maksymalnego stężenia NO przewidywanego podczas badań emisji. W celu dokładnej weryfikacji można zastosować wyższe stężenie w oparciu o zalecenia producenta przyrządu i właściwą ocenę techniczną, jeżeli przewidywane stężenie NO jest niższe niż zakres minimalny dla weryfikacji określony przez producenta przyrządu;
- f) analizator CLD zeruje się i ustawia się jego zakres pomiarowy. Zakres pomiarowy analizatora CLD ustawia się przy pomocy gazu NO do ustawiania zakresu pomiarowego z lit. e) powyżej, przez rozdzielacz gazu. Gaz NO do ustawiania zakresu pomiarowego podłącza się do portu gazu do ustawiania zakresu pomiarowego w rozdzielaczu gazu; gaz zerowy podłącza się do portu gazu rozcieńczającego w rozdzielaczu gazu; stosuje się ten sam nominalny stosunek składników mieszaniny, jak wybrano w lit. b) niniejszego punktu, a wynikowe stężenie NO z rozdzielacza gazu wykorzystuje się do ustawienia zakresu pomiarowego analizatora CLD. W razie potrzeby stosuje się poprawki na właściwości gazów, aby zapewnić dokładny rozdział gazów;
- g) gaz CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego podłącza się do portu gazu do ustawiania zakresu pomiarowego w rozdzielaczu gazu;
- h) gaz NO do ustawiania zakresu pomiarowego podłącza się do portu gazu rozcieńczającego w rozdzielaczu gazu;
- i) w czasie przepływu gazów NO i CO<sub>2</sub> przez rozdzielacz gazu stabilizuje się gaz wyjściowy z rozdzielacza gazu. Wyznacza się stężenie CO<sub>2</sub> w gazie wyjściowym z rozdzielacza, stosując w razie potrzeby poprawki na właściwości gazów, aby zapewnić dokładny rozdział gazów. Otrzymane stężenie  $x_{\text{CO}_2\text{act}}$  zapisuje się i wykorzystuje do obliczeń weryfikacji tłumienia w pkt 8.1.11.2.3. Zamiast rozdzielacza gazu można zastosować inne proste urządzenie do mieszania gazów. W takim przypadku do oznaczenia stężenia CO<sub>2</sub> stosuje się analizator. Jeżeli stosowany jest analizator NDIR z prostym urządzeniem do mieszania gazów, to musi spełniać wymagania niniejszej sekcji, a jego zakres pomiarowy ustawia się przy użyciu gazu CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego, o którym mowa w lit. d) niniejszego punktu. Przedtem należy sprawdzić liniowość analizatora NDIR w całym zakresie do wartości równej dwukrotności maksymalnego stężenia CO<sub>2</sub> przewidywanego podczas badań;

- j) stężenie NO mierzy się za rozdzielaczem gazu (w kierunku przepływu) przy użyciu analizatora CLD. Uwzględnia się czas potrzebny do ustabilizowania się odpowiedzi analizatora. Czas stabilizacji może obejmować czas potrzebny na oczyszczenie linii przesyłowej i uwzględnienie odpowiedzi analizatora. Podczas gdy analizator mierzy stężenie próbki, wyniki tych pomiarów rejestruje się przez 30 s. Następnie z tych danych oblicza się średnią arytmetyczną wartość stężenia,  $x_{\text{NOmeas}}$ . Otrzymane stężenie  $x_{\text{NOmeas}}$  zapisuje się i wykorzystuje do obliczeń weryfikacji tłumienia w pkt 8.1.11.2.3.;
- k) oblicza się rzeczywiste stężenie NO na wyjściu z rozdzielacza gazu,  $x_{\text{NOact}}$ , w oparciu o stężenia gazów do ustawiania zakresu pomiarowego oraz  $x_{\text{CO2act}}$  według równania (8-5). Obliczoną wartość wykorzystuje do obliczeń weryfikacji tłumienia w równaniu (8-4);
- l) wartości odnotowane zgodnie z pkt 8.1.11.1.4. i 8.1.11.1.5. niniejszej sekcji wykorzystuje się do obliczenia tłumienia, jak opisano w pkt 8.1.11.2.3.

#### 8.1.11.1.5. Procedura weryfikacji tłumienia przez H<sub>2</sub>O

Do określenia tłumienia przez H<sub>2</sub>O można zastosować metodę opisaną poniżej lub metodę przewidzianą przez producenta przyrządu, lub też zastosować właściwą ocenę techniczną w celu opracowania innego protokołu.

- a) niezbędne połączenia wykonuje się z PTFE lub ze stali nierdzewnej;
- b) jeżeli analizator CLD ma tryb roboczy, w którym wykrywany jest tylko NO, a nie tlenki NO<sub>x</sub> ogółem, to analizator CLD należy przełączyć na taki tryb do wykrywania tylko NO;
- c) stosuje się gaz NO do ustawiania zakresu pomiarowego, który spełnia specyfikacje pkt 9.5.1, o stężeniu zbliżonym od maksymalnego stężenia przewidywanego podczas badań emisji. W celu dokładnej weryfikacji można zastosować wyższe stężenie w oparciu o zalecenia producenta przyrządu i właściwą ocenę techniczną, jeżeli przewidywane stężenie NO jest niższe niż zakres minimalny dla weryfikacji określony przez producenta przyrządu;
- d) analizator CLD zeruje się i ustawia się jego zakres pomiarowy. Zakres pomiarowy analizatora CLD ustawia się przy pomocy gazu NO do ustawiania zakresu pomiarowego z lit. c) powyżej; stężenie tego gazu zapisuje się jako  $x_{\text{NOdry}}$  i wykorzystuje do obliczeń weryfikacji tłumienia w pkt 8.1.11.2.3;
- e) gaz NO do ustawiania zakresu pomiarowego zwilża się poprzez przepuszczenie go przez wodę destylowaną w szczelnym naczyniu. Jeżeli w niniejszej próbie weryfikacyjnej próbka zwilżonego gazu NO do ustawiania zakresu pomiarowego nie przechodzi przez osuszacz próbki, to temperaturę naczynia reguluje się w taki sposób, aby wytworzyć poziom H<sub>2</sub>O w przybliżeniu równy maksymalnemu ułomkowi molowemu H<sub>2</sub>O przewidywanemu podczas badań emisji. Jeżeli próbka zwilżonego gazu NO do ustawiania zakresu pomiarowego nie przechodzi przez osuszacz próbki, to w obliczeniach weryfikacji tłumienia z pkt 8.1.11.2.3 zmierzone tłumienie H<sub>2</sub>O powiększa się, aby odpowiadało największemu ułomkowi molowemu H<sub>2</sub>O przewidywanemu podczas badań emisji. Jeżeli próbka zwilżonego gazu NO do ustawiania zakresu pomiarowego przechodzi przez osuszacz w czasie niniejszej próby weryfikacyjnej, temperaturę naczynia reguluje się tak, aby wytworzyć poziom H<sub>2</sub>O co najmniej tak duży jak określony w pkt 9.3.2.3.1. W tym przypadku w obliczeniach weryfikacji tłumienia w pkt 8.1.11.2.3 nie stosuje się skalowania zmierzonego tłumienia H<sub>2</sub>O;
- f) zwilżony gaz badawczy NO wprowadza się do układu pobierania próbek. Można go wprowadzić przed lub za osuszaczem próbek (w kierunku przeciwnym do przepływu lub w kierunku przepływu), którego używa się w czasie badań emisji. W zależności od miejsca wprowadzenia wybiera się odpowiednią metodę obliczeniową z lit. e). Należy zauważyć, że osuszacz próbek musi spełniać warunki próby weryfikacyjnej osuszacza próbek z pkt 8.1.8.5.8;
- g) mierzy się ułamek molowy H<sub>2</sub>O w zwilżonym gazie NO do ustawiania zakresu pomiarowego. Jeżeli używany jest osuszacz próbek, to ułamek molowy H<sub>2</sub>O w zwilżonym gazie NO do ustawiania zakresu pomiarowego mierzy się za osuszaczem próbki (w kierunku przepływu) i jest to  $x_{\text{H2Omeas}}$ . Zaleca się, aby pomiar  $x_{\text{H2Omeas}}$  wykonywać możliwie blisko wlotu do analizatora CLD. Wartość  $x_{\text{H2Omeas}}$  można obliczyć z pomiarów punktu rosy,  $T_{\text{dew}}$  i ciśnienia bezwzględnego,  $p_{\text{total}}$ ;
- h) stosuje się właściwą ocenę techniczną, aby zapobiec skraplaniu w liniach przesyłowych, łącznikach lub zaworach od punktu, w którym mierzy się  $x_{\text{H2Omeas}}$ , aż do analizatora. Zaleca się taki projekt układu, aby temperatura ścianek w liniach przesyłowych, łącznikach i zaworach od punktu, w którym mierzy się  $x_{\text{H2Omeas}}$ , aż do analizatora była większa o co najmniej 5 °C od miejscowego punktu rosy próbki;

- i) stężenie zwilżonego gazu NO do ustawiania zakresu pomiarowego mierzy się przy użyciu analizatora CLD. Uwzględnia się czas potrzebny do ustabilizowania się odpowiedzi analizatora. Czas stabilizacji może obejmować czas potrzebny na oczyszczenie linii przesyłowej i uwzględnienie odpowiedzi analizatora. Podczas gdy analizator mierzy stężenie próbki, wyniki tych pomiarów rejestruje się przez 30 s. Następnie oblicza się średnią arytmetyczną z tych danych,  $x_{\text{NOwet}}$ . Otrzymane stężenie  $x_{\text{NOwet}}$  zapisuje się i wykorzystuje do obliczeń weryfikacji tłumienia w pkt 8.1.11.2.3.

#### 8.1.11.2. Obliczenia weryfikacji tłumienia dla analizatora CLD

Obliczenia weryfikacji tłumienia dla analizatora CLD wykonuje się w sposób opisany w niniejszym punkcie.

##### 8.1.11.2.1. Ilość wody przewidywana w czasie badania

Należy oszacować największy przewidywany ułamek molowy wody w czasie badań emisji,  $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$ . Oszacowanie wykonuje się dla punktu, w którym wprowadzono zwilżony gaz NO do ustawiania zakresu pomiarowego, zgodnie z lit. f) w pkt 8.1.11.1.5. Przy szacowaniu największego przewidywanego ułamka molowego wody uwzględnia się maksymalną przewidywaną zawartość wody w powietrzu do spalania, w produktach spalania paliwa i w powietrzu rozcieńczającym (jeżeli dotyczy). Jeżeli w czasie próby weryfikacyjnej zwilżony gaz NO do ustawiania zakresu pomiarowego jest wprowadzany do układu pobierania próbek przed osuszaczem próbki (w kierunku przeciwnym do przepływu), to nie trzeba szacować największego przewidywanego ułamka molowego wody i przyjmuje się, że  $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$  równa się  $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$ .

##### 8.1.11.2.2. Ilość CO<sub>2</sub> przewidywana w czasie badania

Należy oszacować największe przewidywane stężenie CO<sub>2</sub> w czasie badań emisji,  $x_{\text{CO}_2\text{exp}}$ . Oszacowanie wykonuje się dla tego miejsca w układzie pobierania próbek, w którym wprowadzono zmieszane gazy NO i CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego, zgodnie z lit. j) w pkt 8.1.11.1.4. Przy szacowaniu największego przewidywanego stężenia CO<sub>2</sub> uwzględnia się maksymalną przewidywaną zawartość CO<sub>2</sub> w produktach spalania paliwa i w powietrzu rozcieńczającym.

##### 8.1.11.2.3. Obliczenia połączonego tłumienia przez H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub>

Połączone tłumienie przez H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> oblicza się w następujący sposób:

$$\text{quench} = \left[ \left( \frac{x_{\text{NOwet}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{Omeas}} - x_{\text{NOdry}}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{\text{H}_2\text{Oexp}}}{x_{\text{H}_2\text{Omeas}}} + \left( \frac{x_{\text{NOmeas}}}{x_{\text{NOact}}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{\text{CO}_2\text{exp}}}{x_{\text{CO}_2\text{act}}} \right] \cdot 100\% \quad (8-4)$$

gdzie:

$\text{quench}$  = wielkość tłumienia analizatora CLD

$x_{\text{NOdry}}$  = zmierzone stężenie NO przed bełkotką (w kierunku przeciwnym do przepływu) zgodnie z lit. d) w pkt 8.1.11.1.5

$x_{\text{NOwet}}$  = zmierzone stężenie NO za bełkotką (w kierunku przepływu) zgodnie z lit. i) w pkt 8.1.11.1.5

$x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$  = największy przewidywany ułamek molowy wody w czasie badań emisji zgodnie z pkt 8.1.11.2.1

$x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$  = zmierzony ułamek molowy wody w czasie próby weryfikacyjnej zgodnie z lit. g) w pkt 8.1.11.1.5

$x_{\text{NOmeas}}$  = zmierzone stężenie NO po zmieszaniu gazów NO i CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego, zgodnie z lit. j) w pkt 8.1.11.1.4

$x_{\text{NOact}}$  = rzeczywiste stężenie NO po zmieszaniu gazów NO i CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego, zgodnie z lit. k) w pkt 8.1.11.1.4, obliczone zgodnie z równaniem (8-5)

$x_{\text{CO}_2\text{exp}}$  = największe przewidywane stężenie CO<sub>2</sub> w czasie badań emisji zgodnie z pkt 8.1.11.2.2

$x_{\text{CO}_2\text{act}}$  = rzeczywiste stężenie CO<sub>2</sub> po zmieszaniu gazów NO i CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego, zgodnie z lit. i) w pkt 8.1.11.1.4

$$x_{\text{NOact}} = \left( 1 - \frac{x_{\text{CO}_2\text{act}}}{x_{\text{CO}_2\text{span}}} \right) \cdot x_{\text{NOspan}} \quad (8-5)$$

gdzie:

$x_{\text{NOspan}}$  = stężenie gazu NO do ustawiania zakresu pomiarowego na wejściu do rozdzielacza gazu, zgodnie z lit. e) w pkt 8.1.11.1.4

$x_{\text{CO}_2\text{span}}$  = stężenie gazu CO<sub>2</sub> do ustawiania zakresu pomiarowego na wejściu do rozdzielacza gazu, zgodnie z lit. d) w pkt 8.1.11.1.4.

### 8.1.11.3. Weryfikacja zakłócenia analizatora NDUV przez węglowodory i H<sub>2</sub>O

#### 8.1.11.3.1. Zakres i częstotliwość

Jeżeli NO<sub>x</sub> mierzy się za pomocą analizatora NDUV, to wielkość zakłócenia przez H<sub>2</sub>O i węglowodory sprawdza się przy pierwszej instalacji analizatora i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.

#### 8.1.11.3.2. Zasady pomiaru

Węglowodory i H<sub>2</sub>O mogą powodować zakłócenie dodatnie w analizatorze NDUV poprzez wywołanie odpowiedzi podobnej do NO<sub>x</sub>. Jeżeli w celu spełnienia kryteriów niniejszej weryfikacji w analizatorze NDUV stosowane są algorytmy kompensacji wykorzystujące pomiary innych gazów, to takie pomiary przeprowadzane są jednocześnie, aby sprawdzić algorytmy podczas weryfikacji zakłóceń analizatora.

#### 8.1.11.3.3. Wymagania dla układu

Wielkość łącznego zakłócenia analizatora NDUV NO<sub>x</sub> przez H<sub>2</sub>O i węglowodory musi mieścić się w granicach ±2 % średniego stężenia NO<sub>x</sub>.

#### 8.1.11.3.4. Procedura

Zakłócenia sprawdza się w następujący sposób:

- analizator NDUV NO<sub>x</sub> uruchamia się, obsługuje, zeruje i ustawia jego zakres pomiarowy zgodnie z zaleceniami producenta przyrządu;
- do przeprowadzenia tej weryfikacji zaleca się pobranie spalin z silnika. Do ilościowego określenia zawartości NO<sub>x</sub> w spalinach stosuje się analizator CLD spełniający wymagania pkt 9.4. Odpowiedź analizatora CLD wykorzystuje się jako wartość odniesienia. Mierzy się również poziom HC w spalinach przy pomocy analizatora FID, który spełnia wymagania pkt 9.4. Odpowiedź analizatora FID wykorzystuje się jako wartość odniesienia dla węglowodorów;
- spaliny z silnika wprowadza się do analizatora NDUV przed ewentualnym osuszaczem próbki (w kierunku przeciwnym do przepływu), jeżeli takie urządzenie jest używane w czasie badania;
- uwzględnia się czas potrzebny do ustabilizowania się odpowiedzi analizatora. Czas stabilizacji może obejmować czas potrzebny na oczyszczenie linii przesyłowej i uwzględnienie odpowiedzi analizatora;
- podczas gdy wszystkie analizatory mierzą stężenie próbki, rejestruje się dane z próbkowania zgromadzone przez 30 s i oblicza średnie arytmetyczne w odniesieniu do trzech analizatorów;
- od średniej wartości zarejestrowanej przez NDUV odejmuje się średnią wartość zarejestrowaną przez CLD;
- różnicę tę mnoży się przez iloraz oczekiwanego średniego stężenia HC i stężenia HC zmierzonego podczas weryfikacji. Analizator spełnia kryteria weryfikacji zakłóceń określone w niniejszym punkcie, jeżeli otrzymany wynik mieści się w granicach ±2 % stężenia NO<sub>x</sub> przewidywanego dla wzorca:

$$|\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{CLD}, \text{meas}} - \bar{x}_{\text{NO}_x, \text{NDUV}, \text{meas}}| \cdot \left( \frac{\bar{x}_{\text{HC}, \text{exp}}}{\bar{x}_{\text{HC}, \text{meas}}} \right) \leq 2\% \cdot (\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{exp}}) \quad (8-6)$$

gdzie:

$\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{CLD}, \text{meas}}$  = średnie stężenie NO<sub>x</sub> zmierzone przez analizator CLD [µmol/mol] lub [ppm]

$\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{NDUV}, \text{meas}}$  = średnie stężenie NO<sub>x</sub> zmierzone przez analizator NDUV [µmol/mol] lub [ppm]

$\bar{x}_{\text{HC}, \text{meas}}$  = średnie zmierzone stężenie HC [µmol/mol] lub [ppm]

$\bar{x}_{\text{HC,exp}}$  = średnie stężenie HC przewidywane dla wzorca [ $\mu\text{mol/mol}$ ] lub [ppm]

$\bar{x}_{\text{NO}_x,\text{exp}}$  = średnie stężenie  $\text{NO}_x$  przewidywane dla wzorca [ $\mu\text{mol/mol}$ ] lub [ppm]

#### 8.1.11.3.5. Wymagania dotyczące kąpieli chłodzącej (urządzenia schładzającego)

Należy wykazać, że dla największego oczekiwanego stężenia pary wodnej  $H_m$  metoda usuwania wody zapewni utrzymanie wilgotności CLD na poziomie  $\leq 5$  g wody/kg suchego powietrza (lub ok. 0,8 % obj.  $\text{H}_2\text{O}$ ), co odpowiada 100 % wilgotności względnej przy temperaturze  $3,9^\circ\text{C}$  i ciśnieniu 101,3 kPa. Ta specyfikacja wilgotności jest też równoważna 25 % wilgotności względnej przy  $25^\circ\text{C}$  i 101,3 kPa. Można to wykazać, mierząc temperaturę na wyjściu urządzenia osuszającego termicznie lub mierząc wilgotność w punkcie bezpośrednio przed analizatorem CLD (w kierunku przeciwnym do przepływu).

#### 8.1.11.4. Przenikanie $\text{NO}_2$ do kąpieli chłodzącej (urządzenia schładzającego)

##### 8.1.11.4.1. Zakres i częstotliwość

Jeżeli przed urządzeniem do pomiaru  $\text{NO}_x$  (w kierunku przeciwnym do przepływu) stosowana jest kąpiel chłodząca (urządzenie schładzające) do osuszania próbki, ale przed taką kąpielą chłodzącą (w kierunku przeciwnym do przepływu) nie stosuje się konwertora  $\text{NO}_2$  do  $\text{NO}$ , to wykonuje się niniejszą weryfikację przenikania  $\text{NO}_2$  do kąpieli chłodzącej. Niniejszą weryfikację wykonuje się przy pierwszej instalacji i po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych.

##### 8.1.11.4.2. Zasady pomiaru

Kąpiel chłodząca (urządzenie schładzające) służy do usuwania wody, która mogłaby w innym wypadku zakłócać pomiar  $\text{NO}_x$ . Niemniej jednak ciepła woda pozostająca w niewłaściwie zaprojektowanej kąpieli chłodzącej może usuwać  $\text{NO}_2$  z próbki. Jeżeli przed kąpielą chłodzącą (w kierunku przeciwnym do przepływu) nie stosuje się konwertora  $\text{NO}_2$  do  $\text{NO}$ , to w kąpieli może zachodzić usuwanie  $\text{NO}_2$  z próbki przed wykonaniem pomiaru  $\text{NO}_x$ .

##### 8.1.11.4.3. Wymagania dla układu

Urządzenie schładzające umożliwi pomiar co najmniej 95 % całkowitego  $\text{NO}_2$  przy maksymalnym oczekiwanym stężeniu  $\text{NO}_2$ .

##### 8.1.11.4.4. Procedura

Do weryfikacji działania urządzenia schładzającego stosuje się następującą procedurę:

- a) przygotowanie przyrządów. Postępuje się zgodnie z instrukcjami producenta w zakresie uruchamiania i obsługi analizatora i urządzenia schładzającego. Analizator i urządzenie schładzające należy wyregulować w miarę potrzeb, aby zoptymalizować ich działanie;
- b) przygotowanie sprzętu i gromadzenie danych.
  - (i) analizatory całkowitej zawartości  $\text{NO}_x$  zeruje się i ustawia ich zakres pomiarowy tak jak przed badaniami emisji;
  - (ii) dobiera się gaz wzorcowy  $\text{NO}_2$  (dopełniony suchym powietrzem), którego stężenie  $\text{NO}_2$  jest zbliżone do maksymalnego stężenia przewidywanego w badaniach. W celu dokładnej weryfikacji można zastosować wyższe stężenie w oparciu o zalecenia producenta przyrządu i właściwą ocenę techniczną, jeżeli przewidywane stężenie  $\text{NO}_2$  jest niższe niż zakres minimalny dla weryfikacji określony przez producenta przyrządu;
  - (iii) wybrany gaz wzorcowy przelewa się przez sondę układu do pobierania próbek lub łącznik przelewowy. Uwzględnia się czas na stabilizację odpowiedzi na  $\text{NO}_x$  ogółem, obejmujący jedynie opóźnienia przesyłowe i czas odpowiedzi przyrządów;
  - (iv) oblicza się średnią na podstawie zapisanych danych dla całkowitej zawartości  $\text{NO}_x$  z 30 s i wartość tę zapisuje się jako  $x_{\text{NO}_x\text{ref}}$ ;
  - (v) zatrzymuje się przepływ gazu wzorcowego  $\text{NO}_2$ ;
  - (vi) następnie układ próbkowania nasycy się poprzez przelewanie gazu wyjściowego z generatora punktu rosy, ustawionego na punkt rosy wynoszący  $50^\circ\text{C}$ , przez sondę układu do pobierania próbek lub łącznik przelewowy. Gaz wyjściowy z generatora punktu rosy próbkuje się za pomocą układu do pobierania próbek i urządzenia schładzającego przez co najmniej 10 minut, do chwili, kiedy urządzenie schładzające powinno usuwać wodę ze stałą szybkością;
  - (vii) układ niezwłocznie przełącza się z powrotem na przelewanie gazu wzorcowego  $\text{NO}_2$  używanego do wyznaczenia  $x_{\text{NO}_x\text{ref}}$ . Uwzględnia się czas na stabilizację odpowiedzi na  $\text{NO}_x$  ogółem, obejmujący jedynie opóźnienia przesyłowe i czas odpowiedzi układu. Oblicza się średnią na podstawie zapisanych danych dla całkowitej zawartości  $\text{NO}_x$  z 30 s i wartość tę zapisuje się jako  $x_{\text{NO}_x\text{meas}}$ ;

(viii) wartość  $x_{\text{NOxmeas}}$  koryguje się do  $x_{\text{NOxdry}}$  w odniesieniu do resztkowej pary wodnej, która przeszła przez urządzenie schładzające, przy wartościach temperatury i ciśnienia na wyjściu z urządzenia schładzającego;

c) ocena działania. Jeżeli wartość  $x_{\text{NOxdry}}$  wynosi mniej niż 95 %  $x_{\text{NOxref}}$  urządzenie schładzające należy naprawić lub wymienić.

8.1.11.5. Weryfikacja konwersji w konwertorze  $\text{NO}_2$  do NO

8.1.11.5.1. Zakres i częstotliwość

Jeżeli w celu oznaczenia  $\text{NO}_x$  stosowany jest analizator, który mierzy tylko NO, to przed analizatorem (w kierunku przeciwnym do przepływu) należy zastosować konwertor  $\text{NO}_2$  do NO. Niniejszą weryfikację wykonuje się po zainstalowaniu konwertora, po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych i w ciągu 35 dni przed badaniem emisji. Weryfikację tę powtarza się z taką częstotliwością w celu sprawdzenia, czy aktywność katalityczna konwertora  $\text{NO}_2$  do NO nie uległa pogorszeniu.

8.1.11.5.2. Zasady pomiaru

Konwertor  $\text{NO}_2$  do NO przekształca  $\text{NO}_2$  w spalinach na NO, co umożliwia oznaczenie  $\text{NO}_x$  ogółem przez analizator, który mierzy tylko NO.

8.1.11.5.3. Wymagania dla układu

Konwertor  $\text{NO}_2$  do NO umożliwia pomiar co najmniej 95 % całkowitego  $\text{NO}_2$  przy maksymalnym oczekiwanym stężeniu  $\text{NO}_2$ .

8.1.11.5.4. Procedura

Do weryfikacji działania konwertora  $\text{NO}_2$  do NO stosuje się następującą procedurę:

a) jeżeli chodzi o przygotowanie przyrządów, to postępuje się zgodnie z instrukcjami producenta w zakresie uruchamiania i obsługi analizatora i konwertora  $\text{NO}_2$  do NO. Analizator i konwertor należy wyregulować w miarę potrzeb, aby zoptymalizować ich działanie;

b) wlot ozonatora podłącza się do źródła powietrza obojętnego lub tlenu, a wylot do jednego z portów 3-drogowego trójnika. Do drugiego portu podłącza się gaz NO do ustawiania zakresu pomiarowego, a do ostatniego portu podłącza się wlot do konwertora  $\text{NO}_2$  do NO;

c) w niniejszej próbie wykonuje się następujące czynności:

(i) uwalnia się powietrze ozonatora, wyłącza się zasilanie ozonatora i przełącza konwertor  $\text{NO}_2$  do NO na tryb boczny (tj. tryb NO). Uwzględnia się czas na stabilizację, obejmujący jedynie opóźnienia przesyłowe i czas odpowiedzi układu;

(ii) reguluje się przepływ NO i gazu zerowego, tak aby stężenie NO w analizatorze było zbliżone do szczytowego stężenia  $\text{NO}_x$  ogółem przewidywanego podczas badań. Zawartość  $\text{NO}_2$  w mieszaninie gazów musi wynosić mniej niż 5 % stężenia NO. Stężenie NO zapisuje się, obliczając średnią danych z próbkowania zgromadzonych w ciągu 30 s z analizatora i wartość tę zapisuje się jako  $x_{\text{NOref}}$ . W celu dokładnej weryfikacji można zastosować wyższe stężenie w oparciu o zalecenia producenta przyrządu i właściwą ocenę techniczną, jeżeli przewidywane stężenie NO jest niższe niż zakres minimalny dla weryfikacji określony przez producenta przyrządu;

(iii) włącza się zasilanie ozonatora w  $\text{O}_2$  i reguluje natężenie przepływu  $\text{O}_2$ , tak aby odczyt stężenia NO z analizatora był o około 10 % mniejszy od  $x_{\text{NOref}}$ . Stężenie NO zapisuje się, obliczając średnią danych z próbkowania zgromadzonych w ciągu 30 s z analizatora i wartość tę zapisuje się jako  $x_{\text{NO+O2mix}}$ ;

(iv) włącza się ozonator i reguluje szybkość wytwarzania ozonu, tak aby stężenie NO zmierzone przez analizator wynosiło około 20 %  $x_{\text{NOref}}$  przy zachowaniu co najmniej 10 % nieprzereagowanego NO. Stężenie NO zapisuje się, obliczając średnią danych z próbkowania zgromadzonych w ciągu 30 s z analizatora i wartość tę zapisuje się jako  $x_{\text{NOmeas}}$ ;

(v) analizator  $\text{NO}_x$  przełącza się na tryb  $\text{NO}_x$  i mierzy całkowitą zawartość  $\text{NO}_x$ . Stężenie  $\text{NO}_x$  zapisuje się, obliczając średnią danych z próbkowania zgromadzonych w ciągu 30 s z analizatora i wartość tę zapisuje się jako  $x_{\text{NOxmeas}}$ ;



- (vi) wyłącza się ozonator, ale utrzymuje przepływ gazu przez układ. Analizator NO<sub>x</sub> wskaże zawartość NO<sub>x</sub> w mieszaninie NO + O<sub>2</sub>. Stężenie NO<sub>x</sub> zapisuje się, obliczając średnią danych z próbkowania zgromadzonych w ciągu 30 s z analizatora i wartość tę zapisuje się jako  $x_{\text{NOx+O2mix}}$ ;
- (vii) wyłącza się dostarczanie O<sub>2</sub>. Analizator NO<sub>x</sub> wskaże zawartość NO<sub>x</sub> w pierwotnej mieszaninie NO w N<sub>2</sub>. Stężenie NO<sub>x</sub> zapisuje się, obliczając średnią danych z próbkowania zgromadzonych w ciągu 30 s z analizatora i wartość tę zapisuje się jako  $x_{\text{NOxref}}$ . Wartość ta nie może być większa od wartości  $x_{\text{NOref}}$  o więcej niż 5 %;

- d) ocena działania. Sprawność konwertora NO<sub>x</sub> oblicza się poprzez podstawienie otrzymanych stężeń w następującym równaniu:

$$\text{Efficiency}[\%] = \left( 1 + \frac{x_{\text{NOxmeas}} - x_{\text{NOx+O2mix}}}{x_{\text{NO+O2mix}} - x_{\text{NOmeas}}} \cdot 100 \right) \quad (8-7)$$

- e) jeżeli wynik wynosi mniej niż 95 %, to konwertor NO<sub>2</sub> do NO należy naprawić lub wymienić.

#### 8.1.12. Pomiary cząstek stałych

##### 8.1.12.1. Weryfikacje wagi do cząstek stałych i weryfikacja procesu ważenia

###### 8.1.12.1.1. Zakres i częstotliwość

W niniejszym punkcie opisano trzy weryfikacje:

- a) niezależną weryfikację działania wagi do cząstek stałych wykonywaną w ciągu 370 dni przed ważeniem dowolnego filtra;
- b) weryfikację wskazania zera i zakresu pomiarowego wagi wykonywaną w ciągu 12 godzin przed ważeniem dowolnego filtra;
- c) weryfikację, czy oznaczenie masy filtrów odniesienia przed sesją ważenia filtrów i po takiej sesji mieści się w określonej tolerancji.

###### 8.1.12.1.2. Weryfikacja niezależna

Producent wagi (lub przedstawiciel zatwierdzony przez producenta wagi) sprawdza działanie wagi w ciągu 370 dni przed badaniem zgodnie z procedurami audytu wewnętrznego.

###### 8.1.12.1.3. Zerowanie i ustawianie zakresu pomiarowego

Na potrzeby niniejszej weryfikacji działanie wagi sprawdza się poprzez zerowanie i ustawienie jej zakresu pomiarowego przy użyciu co najmniej jednego odważnika wzorcującego, a wszelkie używane odważniki muszą spełniać wymagania pkt 9.5.2. Stosuje się procedurę ręczną lub zautomatyzowaną:

- a) w procedurze ręcznej stosuje się wagę, którą zeruje się i której zakres pomiarowy ustawia się przy użyciu co najmniej jednego odważnika wzorcującego. Jeżeli proces ważenia powtarza się w celu zwiększenia dokładności i precyzji pomiarów cząstek stałych i uzyskuje się normalnie średnie wartości, to ten sam proces wykorzystuje się do sprawdzenia działania wagi;
- b) procedura zautomatyzowana przeprowadzana jest przy użyciu wewnętrznych odważników wzorcujących, które są stosowane automatycznie w celu sprawdzenia działania wagi. Na potrzeby niniejszej weryfikacji takie wewnętrzne odważniki wzorcujące muszą spełniać wymagania pkt 9.5.2.

###### 8.1.12.1.4. Ważenie próbki odniesienia

Wszystkie odczyty masy zarejestrowane podczas danej sesji ważenia sprawdza się poprzez zważenie nośników odniesienia dla próbek cząstek stałych (np. filtrów) przed sesją ważenia i po takiej sesji. Sesje ważenia może być dowolnie krótka, ale nie może trwać dłużej niż 80 godzin, i może obejmować odczyty masy przed badaniem i po badaniu. Kolejne oznaczenia masy każdego nośnika odniesienia dla próbek cząstek stałych muszą dawać tę samą wartość w granicach  $\pm 10 \mu\text{g}$  lub  $\pm 10 \%$  przewidywanej masy całkowitej cząstek stałych, w zależności od tego, która z tych wielkości jest większa. Jeżeli kolejne ważenia filtrów do pobierania próbek cząstek stałych nie spełniają powyższego kryterium, to unieważnia się wszystkie odczyty masy filtrów z badania, które zarejestrowano pomiędzy kolejnymi dwoma oznaczeniami masy filtra odniesienia. Filtry te można zważyć ponownie w czasie innej sesji ważenia. Jeżeli unieważnione zostanie ważenie filtra po badaniu, to dany przedział czasowy badania jest nieważny. Weryfikację wykonuje się w następujący sposób:

- a) w środowisku do stabilizacji cząstek stałych przechowuje się co najmniej dwie próbki nieużywanych nośników do pobierania próbek cząstek stałych. Nośniki te są wykorzystywane jako nośniki odniesienia. Jako nośniki odniesienia stosuje się nieużywane filtry z tego samego materiału i o tej samej wielkości;

- b) nośniki odniesienia stabilizuje się w środowisku do stabilizacji cząstek stałych. Uznaje się, że nośniki się ustabilizowały, jeżeli przebywały w środowisku do stabilizacji cząstek stałych przez co najmniej 30 min, a środowisko to znajdowało się w warunkach zgodnych ze specyfikacjami z pkt 9.3.4.4 przez co najmniej 60 poprzedzających minut;
- c) wagę wypróbowuje się kilka razy przy użyciu próbki odniesienia bez zapisywania wartości;
- d) wagę zeruje się i ustawia się jej zakres pomiarowy. Na wadze umieszcza się odważnik badawczy (np. wzorcujący), a następnie zdejmuje się odważnik i sprawdza, czy waga powraca do zadowalającego wskazania zera w ciągu normalnego czasu stabilizacji;
- e) waży się każdy z nośników odniesienia (np. filtrów) i zapisuje ich masę. Jeżeli proces ważenia powtarza się w celu zwiększenia dokładności i precyzji pomiarów masy nośników odniesienia (np. filtrów) i uzyskuje się normalnie średnie wartości, to ten sam proces wykorzystuje się do zmierzenia średnich wartości mas nośników odniesienia (np. filtrów);
- f) zapisuje się punkt rosy, temperaturę otoczenia i ciśnienie atmosferyczne dla środowiska wagi;
- g) zapisane warunki otoczenia wykorzystuje się do skorygowania wyników pod względem wyporu, jak opisano w pkt 8.1.12.2. Zapisuje się masę każdego z nośników odniesienia skorygowaną o wypór;
- h) dla każdego nośnika odniesienia (np. filtra) masę odniesienia skorygowaną o wypór odejmuje się od poprzednio zmierzonej i zapisanej masy skorygowanej o wypór;
- i) jeżeli masa któregokolwiek z filtrów odniesienia zmieniła się o więcej niż jest to dozwolone w niniejszym punkcie, to unieważnia się wszystkie oznaczenia masy cząstek stałych wykonane od ostatniej pomyślnej walidacji masy nośników odniesienia (np. filtrów). Filtry odniesienia cząstek stałych można odrzucić, jeżeli masa tylko jednego z filtrów zmieniła się o więcej niż dozwoloną wartość i można w sposób niezbity zidentyfikować szczególną przyczynę zmiany masy takiego filtra, która nie ma wpływu na inne filtry używane w procesie. Wtedy walidację można uznać za pomyślną. W takim przypadku zanieczyszczonych nośników odniesienia nie uwzględnia się przy określaniu zgodności z lit. j) niniejszego punktu, a przedmiotowy filtr odniesienia wyrzuca się i wymienia na nowy;
- j) jeżeli dowolna z mas odniesienia zmieniła się o więcej niż jest to dozwolone w niniejszym punkcie 8.1.12.1.4, to unieważnia się wszystkie wyniki dla cząstek stałych, które uzyskano między danymi dwoma oznaczeniami mas odniesienia. Jeżeli nośnik odniesienia do pobierania próbek cząstek stałych zostanie odrzucony zgodnie z lit. i) niniejszego punktu, to musi występować co najmniej jedna różnica mas odniesienia, która spełnia kryteria niniejszego pkt 8.1.12.1.4. W przeciwnym razie unieważnia się wszystkie wyniki dla cząstek stałych, które uzyskano między danymi dwoma oznaczeniami mas nośników odniesienia (np. filtrów).

#### 8.1.12.2. Korekcja masy filtra do pobierania próbek cząstek stałych ze względu na wypór

##### 8.1.12.2.1. Przepisy ogólne

Filtr do pobierania próbek cząstek stałych musi być skorygowany ze względu na swój wypór w powietrzu. Korekcja ze względu na wypór zależy od gęstości nośnika służącego do próbkowania, gęstości powietrza oraz gęstości odważnika wzorcującego stosowanego do wzorcowania wagi. Korekcja ze względu na wypór nie uwzględnia wyporu samych cząstek stałych, ponieważ masa cząstek stałych stanowi z reguły zaledwie (0,01-0,10) % masy całkowitej. Korekcja dla tak małego ułamka masy wynosiłaby najwyżej 0,010 %. Wartości skorygowane o wypór to masy tary próbek cząstek stałych. Takie wartości skorygowane o wypór pochodzące z ważenia filtra przed badaniem odejmuje się następnie od wartości skorygowanych o wypór pochodzących z ważenia odpowiedniego filtra po badaniu, aby wyznaczyć masę cząstek stałych wydzielonych podczas badania.

##### 8.1.12.2.2. Gęstość filtra do pobierania próbek cząstek stałych

Różne filtry do pobierania próbek cząstek stałych mają różne gęstości. Wykorzystuje się znaną gęstość nośnika do pobierania próbek lub jedną z wartości gęstości dla najczęściej spotykanych nośników, jak niżej:

- a) dla szkła borokrzemianowego z powłoką PTFE stosuje się gęstość nośnika wynoszącą  $2\,300\text{ kg/m}^3$ ;
- b) dla nośników membranowych (błonowych) wykonanych z PTFE z wbudowanym pierścieniowym wspornikiem z polimetylopentenu, który stanowi 95 % masy nośnika, stosuje się gęstość nośnika wynoszącą  $920\text{ kg/m}^3$ ;
- c) dla nośników membranowych (błonowych) wykonanych z PTFE z wbudowanym pierścieniowym wspornikiem z PTFE stosuje się gęstość nośnika wynoszącą  $2\,144\text{ kg/m}^3$ .

## 8.1.12.2.3. Gęstość powietrza

Ponieważ środowisko wagi do cząstek stałych musi być ściśle regulowane w celu utrzymania temperatury otoczenia wynoszącej  $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$  i punktu rosy wynoszącego  $(9,5 \pm 1)^\circ\text{C}$ , gęstość powietrza jest przede wszystkim funkcją ciśnienia atmosferycznego. Dlatego przewidziano korekcję ze względu na wypór, która jest tylko funkcją ciśnienia atmosferycznego.

## 8.1.12.2.4. Gęstość odważnika do wzorcowania

Stosuje się podaną gęstość materiału, z jakiego wykonany jest metalowy odważnik do wzorcowania.

## 8.1.12.2.5. Obliczenia korekcji

Filtr do pobierania próbek cząstek stałych należy skorygować ze względu na wypór przy użyciu następujących równań:

$$m_{\text{cor}} = m_{\text{uncor}} \cdot \left( \frac{1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{weight}}}}{1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{media}}}} \right) \quad (8-8)$$

gdzie:

$m_{\text{cor}}$  = masa filtra do pobierania próbek cząstek stałych skorygowana ze względu na wypór

$m_{\text{uncor}}$  = masa filtra do pobierania próbek cząstek stałych nieskorygowana ze względu na wypór

$\rho_{\text{air}}$  = gęstość powietrza w środowisku wagi

$\rho_{\text{weight}}$  = gęstość odważnika wzorcującego użytego do ustawienia zakresu pomiarowego wagi

$\rho_{\text{media}}$  = gęstość filtra do pobierania próbek cząstek stałych

$$\rho_{\text{air}} = \frac{\rho_{\text{abs}} \cdot M_{\text{mix}}}{R \cdot T_{\text{amb}}} \quad (8-9)$$

gdzie:

$\rho_{\text{abs}}$  = ciśnienie bezwzględne w środowisku wagi

$M_{\text{mix}}$  = masa molowa powietrza w środowisku wagi

$R$  = stała molowa gazu

$T_{\text{amb}}$  = temperatura bezwzględna otoczenia w środowisku wagi

## 8.2. Walidacja przyrządów do badania

## 8.2.1. Walidacja sterowania przepływu proporcjonalnego do okresowego pobierania próbek oraz walidacja minimalnego stosunku rozcieńczenia do okresowego pobierania próbek cząstek stałych

## 8.2.1.1. Kryteria proporcjonalności dla układu CVS

## 8.2.1.1.1. Przepływy proporcjonalne

W odniesieniu do dowolnej pary przepływomierzy zarejestrowane natężenia przepływu próbki i przepływu całkowitego lub ich wartości średnie dla 1 Hz wykorzystuje się do obliczeń statystycznych w pkt A.2.9 dodatku A.2 do załącznika 4B. Wyznacza się standardowy błąd szacunku SEE natężenia przepływu próbki w zależności od natężenia przepływu całkowitego. Dla każdego przedziału czasowego badania wykazuje się, że SEE nie przekracza 3,5 % średniego natężenia przepływu próbki.

## 8.2.1.1.2. Przepływy stałe

W odniesieniu do dowolnej pary przepływomierzy zarejestrowane natężenia przepływu próbki i przepływu całkowitego lub ich wartości średnie dla 1 Hz wykorzystuje się do wykazania, że każde natężenie przepływu było stałe w odniesieniu do swojej odpowiedniej średniej lub docelowej wartości przepływu z dokładnością do  $\pm 2,5\%$ . Można zastosować następujące opcje zamiast zapisywania odpowiednich natężeń przepływu dla każdego typu przepływomierza:

- a) opcja z wykorzystaniem zwężki Venturiego o przepływie krytycznym. W przypadku zwężki Venturiego o przepływie krytycznym wykorzystuje się zarejestrowane warunki na wlocie zwężki lub ich wartości średnie dla 1 Hz. Wykazuje się, że w każdym przedziale czasowym badania gęstość przepływu na wlocie zwężki była stała w odniesieniu do odpowiedniej średniej lub docelowej gęstości z dokładnością do  $\pm 2,5\%$ . W przypadku zwężki Venturiego o przepływie krytycznym w układzie CVS można to osiągnąć przez wykazanie, że w każdym przedziale czasowym badania temperatura bezwzględna na wlocie zwężki była stała w odniesieniu do odpowiedniej średniej lub docelowej temperatury bezwzględnej z dokładnością do  $\pm 4\%$ ;

b) opcja z wykorzystaniem pompy wyporowej. Wykorzystuje się zarejestrowane warunki na wlocie pompy lub ich wartości średnie dla 1 Hz. Wykazuje się, że w każdym przedziale czasowym badania gęstość przepływu na wlocie pompy była stała w odniesieniu do odpowiedniej średniej lub docelowej gęstości z dokładnością do  $\pm 2,5\%$ . W przypadku pompy w układzie CVS można to osiągnąć przez wykazanie, że w każdym przedziale czasowym badania temperatura bezwzględna na wlocie pompy była stała w odniesieniu do odpowiedniej średniej lub docelowej temperatury bezwzględnej z dokładnością do  $\pm 2\%$ .

#### 8.2.1.1.3. Wykazanie proporcjonalnego pobierania próbek

W odniesieniu do każdej proporcjonalnej próbki pobieranej okresowo, takiej jak próbka z worka do pobierania próbek lub filtra do pobierania próbek cząstek stałych, należy przy pomocy jednej z poniższych metod wykazać, że zastosowano proporcjonalne pobieranie próbek, przy czym do 5 % całkowitej liczby punktów danych można pominąć jako wartości oddalone.

W oparciu o właściwą ocenę i analizę techniczną należy wykazać, że układ sterowania przepływem proporcjonalnym we właściwy sobie sposób zapewnia proporcjonalne pobieranie próbek we wszystkich okolicznościach przewidywanych podczas badań. Na przykład zwięźki CFV mogą być stosowane zarówno do przepływu próbki, jak i przepływu całkowitego, jeżeli wykaże się, że zawsze mają takie same wartości ciśnienia i temperatury na wlocie i zawsze działają w warunkach przepływu krytycznego.

Wyznacza się minimalny stosunek rozcieńczenia dla okresowego pobierania próbek cząstek stałych w danym przedziale czasowym badania, w oparciu o zmierzone lub obliczone natężenia przepływu lub stężenia gazów znakujących (np. CO<sub>2</sub>).

#### 8.2.1.2. Walidacja układu rozcieńczania przepływu częściowego

Aby układ sterujący rozcieńczania przepływu częściowego mógł pobierać proporcjonalną próbkę spalin nierozcieńczonych, konieczny jest system o krótkim czasie odpowiedzi; określa się to na podstawie szybkości odpowiedzi układu rozcieńczania przepływu częściowego. Czas przekształcenia układu ustala się przy pomocy procedury opisanej w pkt 8.1.8.6 i na powiązonym rysunku 3.1. Rzeczywiste sterowanie układu rozcieńczania przepływu częściowego opiera się na warunkach mierzonych na bieżąco. Jeżeli połączony czas przekształcenia pomiaru przepływu spalin i układu rozcieńczania przepływu częściowego wynosi  $\leq 0,3$  s, stosuje się sterowanie w trybie bezpośrednim (online). Jeżeli czas przekształcenia przekracza 0,3 s, stosuje się sterowanie antycypacyjne opierające się na uprzednio zarejestrowanym przebiegu próbnym. W takim przypadku połączony czas narastania powinien wynosić  $\leq 1$  s, a połączone opóźnienie  $\leq 10$  s. Łączną odpowiedź układu należy zaprojektować tak, aby zapewnić pobranie próbki cząstek stałych,  $q_{mp,i}$  (przepływ próbki spalin do układu rozcieńczania przepływu częściowego), proporcjonalnej do masowego przepływu spalin. Aby ustalić proporcjonalność, należy przeprowadzić analizę metodą regresji  $q_{mew,i}$  (masowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym) przy minimalnej częstotliwości pozyskiwania danych 5 Hz, przy spełnieniu następujących kryteriów:

- współczynnik korelacji  $r^2$  regresji liniowej między  $q_{mp,i}$  a  $q_{mew,i}$  nie może wynosić mniej niż 0,95;
- standardowy błąd szacunku  $q_{mp,i}$  względem  $q_{mew,i}$  nie może przekraczać 5 % maksymalnej wartości  $q_{mp,i}$ ;
- rzędna punktu przecięcia linii regresji z  $q_{mp}$  nie może się różnić od maksymalnej wartości  $q_{mp}$  o więcej niż  $\pm 2\%$ .

Sterowanie antycypacyjne jest wymagane, jeżeli połączone czasy przekształcenia układu próbkowania cząstek stałych  $t_{50,P}$  i sygnału masowego przepływu spalin  $t_{50,F}$  przekraczają 0,3 s. W takim przypadku należy przeprowadzić badanie wstępne, a sygnał masowego przepływu spalin z badania wstępnego wykorzystać do sterowania przepływem próbek do układu próbkowania cząstek stałych. Uzyskano odpowiednie sterowanie układem rozcieńczania przepływu częściowego, jeżeli przebieg czasowy  $q_{mew,pre}$  z badania wstępnego, który steruje  $q_{mp}$ , jest przesunięty o czas „antycypowany”  $t_{50,P} + t_{50,F}$ .

Do ustalenia współzależności między  $q_{mp,i}$  i  $q_{mew,i}$  wykorzystuje się dane uzyskane podczas badania właściwego, przy czym  $q_{mew,i}$  zestrzaja się czasowo o  $t_{50,F}$  względem  $q_{mp,i}$  (brak udziału  $t_{50,P}$  w zestrzajaniu czasu). Przesunięcie czasowe między  $q_{mew}$  a  $q_{mp}$  jest różnicą ich czasów przekształcenia, wyznaczonych w pkt 8.1.8.6.3.2.

#### 8.2.2. Walidacja zakresu analizatora gazowego, walidacja pełzania i korekcja pełzania

##### 8.2.2.1. Walidacja zakresu

Jeżeli w dowolnym punkcie badania analizator pracuje powyżej 100 % swojego zakresu, to należy wykonać następujące czynności:

##### 8.2.2.1.1. Okresowe pobieranie próbek

W przypadku pobierania okresowego próbkę poddaje się ponownej analizie przy użyciu najniższego zakresu analizatora, który pozwala na uzyskanie maksymalnej odpowiedzi przyrządu mieszczącej się poniżej 100 %. Wynik dla całego badania podaje się dla najniższego zakresu, przy którym analizator pracuje poniżej 100 % swojego zakresu.

#### 8.2.2.1.2. Ciągłe pobieranie próbek

W przypadku ciągłego pobierania próbek całe badanie należy powtórzyć z wykorzystaniem następnego wyższego zakresu analizatora. Jeżeli analizator nadal pracuje powyżej 100% swojego zakresu, to badanie należy powtórzyć z wykorzystaniem następnego wyższego zakresu. Badanie powtarza się dopóty, dopóki analizator nie będzie pracować poniżej 100 % swojego zakresu przez cały czas trwania badania.

#### 8.2.2.2. Walidacja i korekcja pełzania

Jeżeli pełzanie mieści się w granicach  $\pm 1\%$ , to dane można przyjąć bez korekcji lub po zastosowaniu korekcji. Jeżeli pełzanie jest większe niż  $\pm 1\%$ , to dla każdego zanieczyszczenia oblicza się dwa zbiory wyników emisji jednostkowych lub badanie uznaje się za nieważne. Jeden zbiór oblicza się z wykorzystaniem danych przed korekcją ze względu na pełzanie, a w drugim wszystkie dane do obliczeń koryguje się o błąd pełzania zgodnie z dodatkami A.7.2 i A.8.2 do załącznika 4B. Określa się stosunek procentowy wyników skorygowanych do nieskorygowanych. Różnica między nieskorygowanymi i skorygowanymi wartościami emisji jednostkowych nie może być większa niż  $\pm 4\%$  nieskorygowanych wartości emisji jednostkowych. W przeciwnym razie całe badanie zostaje unieważnione.

#### 8.2.3. Kondycjonowanie wstępne i ważenie tary nośników do pobierania próbek cząstek stałych (np. filtrów)

Przed badaniem emisji należy wykonać następujące czynności, aby przygotować materiały filtracyjne i sprzęt do pobierania próbek cząstek stałych:

##### 8.2.3.1. Weryfikacje okresowe

Należy dopilnować, aby środowiska wagi i stabilizacji cząstek stałych spełniały kryteria weryfikacji okresowych określone w pkt 8.1.12. Filtr odniesienia waży się tuż przed ważeniem filtrów do badania, aby określić odpowiedni punkt odniesienia (zob. szczegóły procedury w pkt 8.1.12.1). Weryfikację stabilności filtrów odniesienia wykonuje się po okresie stabilizacji następującym po przeprowadzeniu badania, bezpośrednio przed ważeniem po badaniu.

##### 8.2.3.2. Oględziny

Nieużywane materiały filtracyjne poddaje się oględzinom pod kątem wad i odrzuca się wadliwe filtry.

##### 8.2.3.3. Uziemienie

Filtry cząstek stałych przenosi się przy użyciu elektrycznie uziemionej pincety lub stosuje się przewód uziemiający, jak opisano w pkt 9.3.4.

##### 8.2.3.4. Nieużywane nośniki do pobierania próbek

Nieużywane nośniki umieszcza się w pojemniku lub pojemnikach, które są otwarte na środowisko stabilizacyjne cząstek stałych. Jeżeli filtry są używane, można je umieścić w dolnej połowie kasety filtra.

##### 8.2.3.5. Stabilizacja

Nośniki do pobierania próbek stabilizuje się w środowisku do stabilizacji cząstek stałych. Nieużywany nośnik uznaje się za ustabilizowany, jeżeli przebywał w środowisku do stabilizacji cząstek stałych przez co najmniej 30 min, a środowisko to znajdowało się w warunkach zgodnych ze specyfikacjami z pkt 9.3.4.

##### 8.2.3.6. Ważenie

Nośniki do pobierania próbek waży się automatycznie lub ręcznie w następujący sposób:

- a) w przypadku ważenia automatycznego materiały do ważenia należy przygotować zgodnie z instrukcjami producenta systemu zautomatyzowanego;
- b) w przypadku ważenia ręcznego postępuje się zgodnie z właściwą oceną techniczną;
- c) opcjonalnie dopuszczalne jest ważenie metodą tary (zob. pkt 8.2.3.10);
- d) Po zważeniu filtr przenosi się z powrotem do szalki Petriego i nakrywa.

##### 8.2.3.7. Korekcja ze względu na wypór

Zmierzoną masę należy skorygować pod względem wyporu, jak opisano w pkt 8.1.12.2.

## 8.2.3.8. Powtórzenia

W oparciu o właściwą ocenę techniczną pomiary masy filtrów można powtarzać w celu wyznaczenia średniej masy filtra i wykluczenia wartości oddalonych z obliczeń średniej.

## 8.2.3.9. Tarowanie

Nieużywane filtry, których tara została zważona, umieszcza się w czystych kasetach filtrów, a załadowane kasety umieszcza się w zakrytym lub szczelnie zamkniętym pojemniku przed przeniesieniem ich na stanowisko badawcze do celów próbkowania.

## 8.2.3.10. Ważenie metodą tary

Ważenie metodą tary jest dopuszczalną opcją i o ile jest stosowane, obejmuje pomiar odważnika odniesienia przed każdym ważeniem nośnika do pobierania próbek PM (np. filtra) i po każdym ważeniu takiego nośnika. Chociaż ważenie metodą tary wymaga większej liczby pomiarów, zapewnia korekcję błędu pełzania zera wagi i zależy od liniowości wskazań wagi tylko w małym zakresie. Metoda ta jest najodpowiedniejsza przy oznaczaniu ilościowym masy całkowitej cząstek stałych, która wynosi mniej niż 0,1 % masy samego nośnika. Metoda ta może jednak być niewłaściwa, jeżeli masa całkowita cząstek stałych przekracza 1 % masy samego nośnika. Jeżeli stosuje się ważenie metodą tary, to należy je stosować zarówno do ważenia przed badaniem, jak i po badaniu. Ten sam odważnik balastowy należy stosować zarówno przed badaniem, jak i po badaniu. Masę odważnika balastowego należy skorygować pod względem wyporu, jeżeli gęstość odważnika balastowego jest mniejsza niż 2,0 g/cm<sup>3</sup>. Następujące czynności stanowią przykład ważenia metodą tary:

- a) używa się elektrycznie uziemionej pincety lub stosuje przewód uziemiający, jak opisano w pkt 9.3.4.6;
- b) używa się neutralizatora ładunków statycznych, jak opisano w pkt 9.3.4.6, aby ograniczyć ładunki elektrostatyczne na wszelkich obiektach przed umieszczeniem ich na szalce wagi;
- c) dobiera się odważnik balastowy, który spełnia wymagania podane w pkt 9.5.2 dla odważników do wzorcowania. Odważnik balastowy musi też mieć tę samą gęstość co odważnik używany do ustawiania zakresu pomiarowego mikrowagi i musi być zbliżony pod względem masy do nieużywanego nośnika do pobierania próbek (np. filtra). Jeżeli stosowane są filtry, to masa odważnika powinna wynosić około (80–100) mg dla typowych filtrów o średnicy 47 mm;
- d) zapisuje się ustalony odczyt wagi i zdejmuje odważnik wzorcujący;
- e) waży się nieużywany nośnik do pobierania próbek (np. nowy filtr), zapisuje ustalony odczyt wagi oraz punkt rosy, temperaturę otoczenia i ciśnienie atmosferyczne dla środowiska wagi;
- f) ponownie waży się odważnik wzorcujący i zapisuje ustalony odczyt wagi;
- g) oblicza się średnią arytmetyczną z dwóch odczytów masy odważnika wzorcującego, które zarejestrowano bezpośrednio przed ważeniem i po ważeniu nieużywanego nośnika. Taką wartość średnią odejmuje się od zmierzonej masy nieużywanego nośnika, a następnie dodaje się rzeczywistą masę odważnika wzorcującego podaną na świadectwie odważnika. Otrzymany wynik należy zapisać. Jest to tara nieużywanego nośnika bez poprawki ze względu na wypór;
- h) wyżej wymienione etapy ważenia metodą tary powtarza się dla pozostałych nieużywanych nośników do pobierania próbek;
- i) po zakończeniu ważenia wykonuje się czynności opisane w pkt 8.2.3.7–8.2.3.9 niniejszej sekcji.

## 8.2.4. Kondycjonowanie po badaniu i ważenie całkowite próbek cząstek stałych

## 8.2.4.1. Weryfikacja okresowa

Należy dopilnować, aby środowiska ważenia i stabilizacji cząstek stałych spełniały kryteria weryfikacji okresowych określone w pkt 8.1.12.1. Po zakończeniu badań filtry umieszcza się z powrotem w środowisku do ważenia i stabilizacji cząstek stałych. Środowisko do ważenia i stabilizacji cząstek stałych musi spełniać warunki otoczenia określone w pkt 9.3.4.4; w przeciwnym razie filtry z badania muszą pozostać zakryte do chwili osiągnięcia odpowiednich warunków.

## 8.2.4.2. Wyjmowanie ze szczelnie zamkniętych pojemników

W środowisku do stabilizacji cząstek stałych próbki cząstek stałych wyjmuje się ze szczelnie zamkniętych pojemników. Filtry można wyjąć z kaset przed stabilizacją lub po. Przy wyjmowaniu filtra z kasety górną połowę kasety należy oddzielić od dolnej za pomocą specjalnego narzędzia do rozdzielania kaset.

#### 8.2.4.3. Uziemienie elektryczne

Próbki cząstek stałych przenosi się przy użyciu elektrycznie uziemionej pincety lub stosuje się przewód uziemiający, jak opisano w pkt 9.3.4.5.

#### 8.2.4.4. Oględziny

Zebrane próbki cząstek stałych i materiały filtracyjne poddaje się oględzinom. Jeżeli filtr lub zebrana próbka cząstek stałych są w złym stanie lub próbka cząstek stałych styka się z powierzchniami innymi niż sam filtr, to takiej próbki nie można użyć do oznaczania wielkości emisji cząstek stałych. W przypadku kontaktu z inną powierzchnią taką powierzchnię należy wyczyścić przed dalszym postępowaniem.

#### 8.2.4.5. Stabilizacja próbek cząstek stałych

Aby ustabilizować próbki cząstek stałych, umieszcza się w je pojemniku lub pojemnikach, które są otwarte na środowisko stabilizacyjne cząstek stałych opisane w pkt 9.3.4.3. Próbkę cząstek stałych uznaje się za ustabilizowaną, jeżeli przebywała w środowisku do stabilizacji cząstek stałych przez czas określony poniżej, a środowisko to znajdowało się wówczas w warunkach zgodnych ze specyfikacjami z pkt 9.3.4.3:

- a) jeżeli przewiduje się, że całkowite stężenie powierzchniowe cząstek stałych na filtrze będzie większe niż  $0,353 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ , zakładając obciążenie równe  $400 \mu\text{g}$  na powierzchnię barwienia filtra o średnicy  $38 \text{ mm}$ , to filtr musi być wystawiony na działanie środowiska stabilizacyjnego przez co najmniej 60 minut przed ważeniem;
- b) jeżeli przewiduje się, że całkowite stężenie powierzchniowe cząstek stałych na filtrze będzie mniejsze niż  $0,353 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ , to filtr musi być wystawiony na działanie środowiska stabilizacyjnego przez co najmniej 30 minut przed ważeniem;
- c) jeżeli przewidywane całkowite stężenie powierzchniowe cząstek stałych na filtrze jest nieznanne, to filtr musi być wystawiony na działanie środowiska stabilizacyjnego przez co najmniej 60 minut przed ważeniem.

#### 8.2.4.6. Oznaczenie masy filtra po badaniu

W celu oznaczenia masy filtra po badaniu powtarza się czynności z pkt 8.2.3 (pkt 8.2.3.6–8.2.3.9).

#### 8.2.4.7. Masa całkowita

Od każdej masy filtra po badaniu skorygowanej pod względem waporu odejmuje się odpowiednią tarę filtra skorygowaną pod względem waporu. Otrzymany wynik to masa całkowita,  $m_{\text{total}}$ , którą wykorzystuje się do obliczeń emisji w dodatkach A.7 i A.8.

### 9. APARATURA POMIAROWA

#### 9.1. Specyfikacje hamulca dynamometrycznego silnika

##### 9.1.1. Praca na wale

Używa się hamulca dynamometrycznego silnika, którego charakterystyka pozwala na przeprowadzenie odpowiedniego cyklu pracy, włącznie ze spełnieniem odpowiednich kryteriów walidacji cyklu. Można stosować następujące hamulce dynamometryczne:

- a) hamulce dynamometryczne wiropędowe lub wodne;
- b) hamulce dynamometryczne napędzające prądu przemiennego lub stałego;
- c) jeden lub więcej hamulców dynamometrycznych.

##### 9.1.2. Cykl niestacjonarny

Do pomiarów momentu obrotowego można zastosować tensometr lub szeregowy miernik momentu obrotowego.

Przy zastosowaniu tensometru sygnał momentu obrotowego przenoszony jest na oś silnika i należy uwzględnić bezwładność dynamometru. Rzeczywisty moment obrotowy silnika to moment odczytany na tensometrze powiększony o moment bezwładności hamulca pomnożony przez przyspieszenie kątowe. Układ sterowania musi wykonywać te obliczenia w czasie rzeczywistym.

##### 9.1.3. Osprzęt silnika

Należy uwzględnić pracę osprzętu silnika, który jest niezbędny do zasilania silnika w paliwo, smarowania, grzania, zapewnienia obiegu cieczy chłodzącej w silniku lub działania urządzeń do oczyszczania spalin; taki osprzęt musi być zainstalowany zgodnie z pkt 6.3.

9.2. Procedura rozcieńczania (jeżeli dotyczy)

9.2.1. Warunki dotyczące gazu rozcieńczającego i stężeń tła

Składniki gazowe mogą być mierzone w postaci nierozcieńczonej lub rozcieńczonej, natomiast pomiar cząstek stałych z reguły wymaga rozcieńczenia. Rozcieńczanie można przeprowadzić za pomocą układu rozcieńczania przepływu całkowitego lub układu rozcieńczania przepływu częściowego. W przypadku rozcieńczania gazy spalinowe mogą być rozcieńczane przy użyciu powietrza otoczenia, powietrza syntetycznego lub azotu. W przypadku pomiaru emisji gazowych rozcieńczalnik musi mieć temperaturę co najmniej 15 °C. W przypadku pobierania próbek cząstek stałych temperatura rozcieńczalnika została określona w pkt 9.2.2 dla CVS i w pkt 9.2.3 dla PFD ze zmiennym stosunkiem rozcieńczenia. Przepustowość układu rozcieńczania musi być wystarczająco duża, aby całkowicie wyeliminować skraplanie się wody w układach pobierania próbek i rozcieńczania. Dopuszcza się osuszanie powietrza rozcieńczającego przed wprowadzeniem go do układu rozcieńczania, jeżeli wilgotność powietrza jest duża. Ściany tunelu rozcieńczającego mogą być ogrzewane lub izolowane, podobnie jak przewody strumienia masowego za tunelem (w kierunku przepływu), aby zapobiec skraplaniu w postaci roztworów wodnych.

Przed zmieszaniem ze spalinami gaz rozcieńczający można poddać kondycjonowaniu wstępnemu poprzez zwiększenie lub zmniejszenie jego temperatury lub wilgotności. Można również usunąć niektóre składniki gazu rozcieńczającego, aby zmniejszyć ich stężenie tła. W odniesieniu do usuwania składników i uwzględniania stężeń tła stosuje się następujące postanowienia:

- a) stężenia składników gazu rozcieńczającego można zmierzyć w celu kompensacji wpływu stężenia tła na wyniki badań. Obliczenia dotyczące kompensacji ze względu na stężenie tła znajdują się w dodatkach A.7–A.8;
- b) aby uwzględnić cząstki stałe w tle, można zastosować następujące opcje:
  - (i) w celu usunięcia cząstek stałych z tła gaz rozcieńczający przefiltrowuje się przez wysokosprawny filtr do usuwania cząstek stałych z powietrza (HEPA) o minimalnej początkowej wydajności zbierania wynoszącej 99,97 % (procedury związane z wydajnością filtracji HEPA znajdują się w pkt 3.1);
  - (ii) aby móc zastosować poprawkę ze względu na stężenie cząstek stałych w tle bez stosowania filtracji HEPA, stężenie tła cząstek stałych nie może stanowić więcej niż 50 % masy netto cząstek stałych zebranych na filtrze do pobierania próbek;
  - (iii) przy stosowaniu filtracji HEPA masę netto cząstek stałych można korygować o stężenie tła bez ograniczeń.

9.2.2. Układ rozcieńczania przepływu całkowitego

Rozcieńczanie przepływu całkowitego; próbkowanie przy zachowaniu stałej objętości przepływu (CVS). Przepływ całkowity spalin nierozcieńczonych jest rozcieńczany w tunelu rozcieńczającym. Może być utrzymywany stały przepływ poprzez utrzymywanie temperatury i ciśnienia w przepływomierzu w określonych granicach. W przypadku przepływu zmiennego przepływ mierzy się bezpośrednio, aby umożliwić proporcjonalne pobieranie próbek. Układ musi być zaprojektowany w następujący sposób (zob. rysunek 9.1):

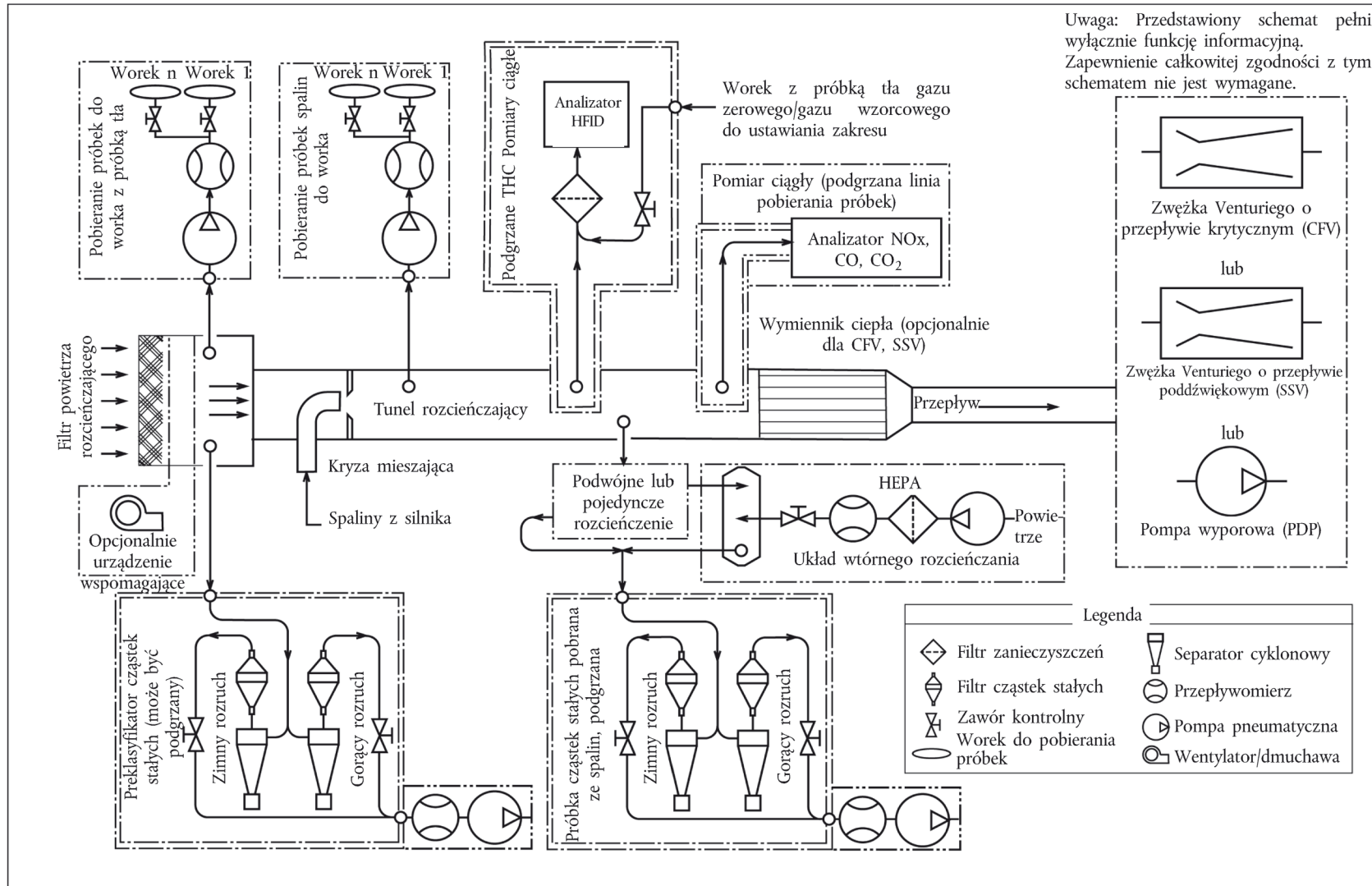
- a) stosuje się tunel o powierzchniach wewnętrznych ze stali nierdzewnej. Cały tunel rozcieńczający musi być uziemiony elektrycznie;
- b) przeciwiśnienie w układzie wylotowym nie może być sztucznie obniżane przez układ dolotowy powietrza rozcieńczającego. Ciśnienie statyczne w miejscu wprowadzania nierozcieńczonych spalin do tunelu musi być utrzymywane w granicach ciśnienia atmosferycznego  $\pm 1,2$  kPa;
- c) aby ułatwić mieszanie, nierozcieńczone spaliny wprowadza się do tunelu w kierunku przepływu wzdłuż linii środkowej tunelu. Część powietrza rozcieńczającego może być wprowadzana promieniowo od wewnętrznej powierzchni tunelu, aby ograniczyć wzajemne oddziaływanie spalin ze ścianami tunelu;
- d) gaz rozcieńczający. W przypadku pobierania próbek cząstek stałych temperatura gazów rozcieńczających (powietrza otoczenia, powietrza syntetycznego lub azotu, zgodnie z pkt 9.2.1) w pobliżu wejścia do tunelu rozcieńczającego musi być utrzymywana w granicach od 293 K do 325 K (20–52 °C);
- e) liczba Reynoldsa  $Re$  dla strumienia rozcieńczonych spalin musi wynosić co najmniej 4 000, gdzie  $Re$  opiera się na wewnętrznej średnicy tunelu rozcieńczającego. Liczba  $Re$  została określona w dodatkach A.7–A.8. Odpowiednie mieszanie sprawdza się poprzez przesuwanie sondy próbkującej wzdłuż średnicy tunelu, w kierunku pionowym i poziomym. Jeżeli odpowiedź analizatora wskazuje na odchylenia większe niż  $\pm 2$  % średniego zmierzzonego stężenia, to należy zwiększyć natężenie przepływu w układzie CVS lub zamontować płytkę rozdzielczą lub kryzę w celu poprawy mieszania;



- f) kondycjonowanie wstępne przed pomiarem przepływu. Przed wykonaniem pomiaru przepływu rozcieńczonych spalin można je poddać kondycjonowaniu wstępnemu, pod warunkiem że następuje to za ogrzewanymi sondami do pobierania HC lub cząstek stałych (w kierunku przepływu), w następujący sposób:
- (i) można zastosować urządzenie do prostowania przepływu lub urządzenie do tłumienia pulsacji, bądź oba;
  - (ii) można zastosować filtr;
  - (iii) można zastosować wymiennik ciepła w celu regulacji temperatury przed przepływomierzem (w kierunku przeciwnym do przepływu), ale należy zastosować kroki w celu wyeliminowania skraplania w postaci roztworów wodnych.
- g) skraplanie w postaci roztworów wodnych. Aby zmierzony przepływ odpowiadał zmierzonemu stężeniu, należy uniemożliwić skraplanie w postaci roztworów wodnych między sondą do pobierania próbek a wlotem przepływomierza w tunelu rozcieńczającym lub też umożliwić skraplanie w postaci roztworów wodnych i zmierzyć wilgotność gazu na wlocie do przepływomierza. Ściany tunelu rozcieńczającego lub przewody strumienia masowego za tunelem (w kierunku przepływu) mogą być ogrzewane lub izolowane, aby zapobiec skraplaniu w postaci roztworów wodnych. Skraplanie w postaci roztworów wodnych należy wyeliminować w całym tunelu rozcieńczającym. Niektóre składniki spalin mogą zostać rozcieńczone lub usunięte na skutek obecności wody.
- W przypadku próbkowania cząstek stałych już proporcjonalny przepływ pochodzący z CVS przechodzi przez układ rozcieńczania wtórnego (jedno- lub wielokrotnego) w celu uzyskania pożądanego całkowitego stosunku rozcieńczenia, jak pokazano na rysunku 9.2 i opisano w pkt 9.2.3.2;
- h) minimalny całkowity stosunek rozcieńczenia musi wynosić od 5:1 do 7:1 oraz co najmniej 2:1 na etapie pierwotnego rozcieńczania, w odniesieniu do maksymalnego natężenia przepływu spalin z silnika podczas danego cyklu badawczego lub przedziału czasowego badania;
- i) całkowity czas przebywania w układzie od punktu wprowadzenia rozcieńczalnika do punktu obsadek filtra musi wynosić 0,5–5 s;
- j) czas przebywania w układzie rozcieńczania wtórnego, jeżeli występuje, mierzony od punktu wprowadzenia rozcieńczalnika wtórnego do punktu obsadek filtra, musi wynosić co najmniej 0,5 s.

Do oznaczenia masy cząstek stałych niezbędny jest układ pobierania próbek cząstek stałych, filtr do pobierania próbek cząstek stałych, waga grawimetryczna oraz komora wagowa z regulacją temperatury i wilgotności.

Przykłady konfiguracji układu pobierania próbek z rozcieńczaniem przepływu całkowitego



## 9.2.3. Układ rozcieńczania przepływu częściowego (PFD)

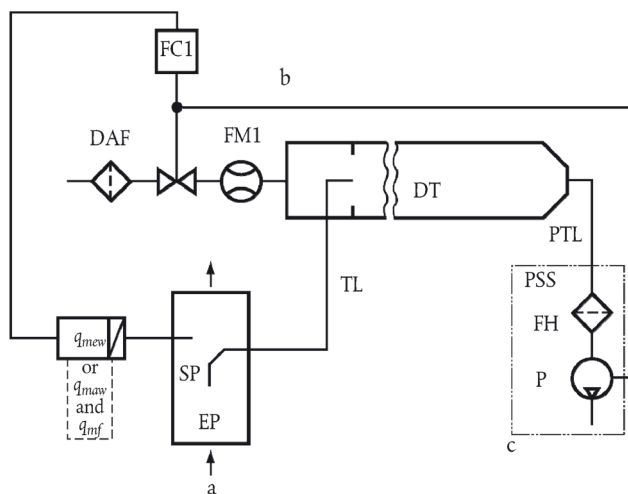
## 9.2.3.1. Opis układu rozcieńczania przepływu częściowego

Schemat układu PFD przedstawiono na rysunku 9.2. Jest to ogólny schemat pokazujący zasadę pobierania próbek, rozcieńczania i próbkowania cząstek stałych. Schemat ten nie oznacza, że wszystkie przedstawione na nim elementy są niezbędne w przypadku innych możliwych układów próbkowania, które spełniają cel polegający na zbieraniu próbek. Inne konfiguracje niezgodne z poniższym schematem są dozwolone, o ile służą temu samemu celowi polegającemu na pobieraniu próbek, rozcieńczaniu i próbkowaniu cząstek stałych. Takie konfiguracje muszą spełniać pozostałe kryteria, takie jak określone w pkt 8.1.8.6 (wzorcowanie okresowe) i w pkt 8.2.1.2 (walidacja) dla PFD o zmiennym rozcieńczeniu, oraz w pkt 8.1.4.5 i tabeli 8.2 (weryfikacja liniowości) oraz pkt 8.1.8.5.7 (weryfikacja) dla PFD o stałym rozcieńczeniu.

Jak pokazano na rysunku 9.2, nierozcieńczone spaliny lub przepływ pierwotnie rozcieńczony przesyłane są z, odpowiednio, rury wydechowej EP lub układu CVS do tunelu rozcieńczającego DT poprzez sondę do pobierania próbek SP i linię przesyłową TL. Całkowity przepływ przez tunel ustawiany jest przez regulator przepływu i pompę pobierania próbek P układu pobierania próbek cząstek stałych (PSS). W przypadku proporcjonalnego pobierania próbek nierozcieńczonych spalin przepływ powietrza rozcieńczającego jest sterowany przez regulator przepływu FC1, który może wykorzystywać  $q_{mew}$  (masowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym) lub  $q_{maw}$  (masowe natężenie przepływu powietrza dołotowego w stanie mokrym) i  $q_{mf}$  (masowe natężenie przepływu paliwa) jako sygnały sterujące do uzyskania wymaganego rozdziału spalin. Przepływ próbki do tunelu rozcieńczającego DT jest różnicą pomiędzy wielkością całkowitego przepływu i przepływem powietrza rozcieńczającego. Natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego jest mierzone przez urządzenie pomiaru przepływu FM1, a całkowite natężenie przepływu – przez urządzenie pomiaru przepływu w układzie pobierania próbek cząstek stałych. Stosunek rozcieńczenia oblicza się na podstawie wartości tych dwóch natężeń przepływu. W przypadku próbkowania ze stałym stosunkiem rozcieńczenia spalin nierozcieńczonych lub rozcieńczonych w odniesieniu do przepływu spalin (np. rozcieńczenie wtórne do celów pobierania próbek cząstek stałych) natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego jest z reguły stałe i sterowane przez regulator przepływu FC1 lub pompę powietrza rozcieńczającego.

Rysunek 9.2

**Schemat układu rozcieńczania przepływu częściowego (z pobieraniem próbek z całego przepływu rozcieńczonego)**



a = spaliny z silnika lub pierwotny przepływ rozcieńczony

b = opcjonalnie

c = pobieranie próbek cząstek stałych

Oznaczenia na rys. 9.2:

DAF = Filtr powietrza rozcieńczającego – powietrze rozcieńczające (powietrze otoczenia, powietrze syntetyczne lub azot) filtruje się za pomocą wysokosprawnego filtra do usuwania cząstek stałych z powietrza (HEPA).

DT = Tunel rozcieńczający lub układ rozcieńczania wtórnego

EP = Rura wydechowa lub układ rozcieńczania pierwotnego

FC1 = Regulator przepływu

FH = Obsadka filtra

FM1 = Urządzenie do pomiaru natężenia przepływu powietrza rozcieńczającego

P = Pompa próbkująca

PSS = Układ pobierania próbek cząstek stałych

PTL = Linia przesyłu cząstek stałych

SP = Sonda do pobierania próbek spalin nierozcieńczonych lub rozcieńczonych

TL = Linia przesyłowa.

Masowe natężenia przepływu mające zastosowanie tylko do układu rozcieńczania przepływu częściowego z proporcjonalnym próbkowaniem spalin:

$q_{mew}$  = masowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym

$q_{maw}$  = masowe natężenie przepływu powietrza dolotowego w stanie mokrym

$q_{mf}$  = masowe natężenie przepływu paliwa

#### 9.2.3.2. Rozcieńczanie

Temperatura gazów rozcieńczających (powietrza otoczenia, powietrza syntetycznego lub azotu, zgodnie z pkt 9.2.1) w pobliżu wejścia do tunelu rozcieńczającego musi być utrzymywana w granicach od 293 K do 325 K (20–52 °C).

Dopuszcza się odwilżanie powietrza rozcieńczającego przed wprowadzeniem go do układu rozcieńczania. Układ rozcieńczania przepływu częściowego musi być zaprojektowany w taki sposób, aby pobierał proporcjonalną próbkę spalin nierozcieńczonych ze strumienia spalin z silnika, reagując tym samym na skoki natężenia przepływu strumienia spalin, oraz kierował do takiej próbki powietrze rozcieńczające w celu osiągnięcia na filtrze badawczym temperatury określonej w pkt 9.3.3.4.3. Do tego celu niezbędne jest określenie takiego stosunku rozcieńczenia, aby spełnić wymagania dokładności zawarte w pkt 8.1.8.6.1.

Abymierzony przepływ odpowiadał zmierzonemu stężeniu, należy uniemożliwić skraplanie w postaci roztworów wodnych między sondą do pobierania próbek a wlotem przepływomierza w tunelu rozcieńczającym lub też umożliwić skraplanie w postaci roztworów wodnych i zmierzyć wilgotność gazu na wlocie do przepływomierza. Układ PFD może być ogrzewany lub izolowany, aby zapobiec skraplaniu w postaci roztworów wodnych. Skraplanie w postaci roztworów wodnych należy wyeliminować w całym tunelu rozcieńczającym.

Minimalny stosunek rozcieńczenia musi wynosić od 5:1 do 7:1 w odniesieniu do maksymalnego natężenia przepływu spalin z silnika podczas danego cyklu badawczego lub przedziału czasowego badania.

Czas przebywania w układzie od punktu wprowadzenia rozcieńczalnika do punktu obsadek filtra musi wynosić 0,5–5 s.

Do oznaczenia masy cząstek stałych niezbędny jest układ pobierania próbek cząstek stałych, filtr do pobierania próbek cząstek stałych, waga grawimetryczna oraz komora wagowa z regulacją temperatury i wilgotności.

#### 9.2.3.3. Zastosowanie

Układ rozcieńczania przepływu częściowego może być używany do pobierania proporcjonalnej próbki spalin nierozcieńczonych na potrzeby dowolnego okresowego lub ciągłego próbkowania cząstek stałych i emisji gazowych w dowolnym niestacjonarnym cyklu pracy, stacjonarnym cyklu pracy lub cyklu pracy ze zmianami jednostajnymi między fazami.

Układ może być też używany do wcześniej rozcieńczonych spalin; w takim przypadku przy zastosowaniu stałego współczynnika rozcieńczenia rozcieńcza się już proporcjonalny przepływ (zob. rysunek 9.2). Jest to metoda osiągania wtórnego rozcieńczenia spalin z tunelu CVS w celu uzyskania niezbędnego całkowitego stosunku rozcieńczenia do celów pobierania próbek cząstek stałych.

#### 9.2.3.4. Wzorcowanie

Wzorcowanie układu PFD w celu zapewnienia poboru proporcjonalnej próbki spalin nierozcieńczonych omówiono w pkt 8.1.8.6.

### 9.3. Procedury pobierania próbek

#### 9.3.1 Wymagania ogólne dotyczące pobierania próbek

### 9.3.1.1. Projekt i budowa sondy

Sonda jest pierwszym elementem układu pobierania próbek. Sonda jest zanurzona w strumieniu nierozcieńczonych lub rozcieńczonych spalin w celu pobierania próbek, w taki sposób, że jej powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne stykają się ze spalinami. Próbka przechodzi przez sondę do linii przesyłowej.

Powierzchnie wewnętrzne sond do pobierania próbek muszą być wykonane ze stali nierdzewnej lub, w przypadku próbkowania spalin nierozcieńczonych, z dowolnego niereaktywnego materiału wytrzymującego temperaturę gazów spalinowych. Sondy umieszcza się w takich miejscach, gdzie składniki są wymieszane do średnich stężeń w próbce i gdzie zakłócenia wywołane przez inne sondy są jak najmniejsze. Zaleca się, aby wszystkie sondy pozostawały poza wpływem warstw przyściennych, strumieni nadążających i wirów – w szczególności w pobliżu wylotu rury wydechowej spalin nierozcieńczonych, gdzie może dochodzić do niezamierzonego rozcieńczenia. Czyszczenie lub przemywanie zwrotne sondy nie może mieć wpływu na pozostałe sondy w czasie badań. Można stosować pojedynczą sondę do pobierania próbek więcej niż jednego składnika, pod warunkiem że taka sonda spełnia wszystkie specyfikacje dla każdego składnika.

### 9.3.1.2. Linie przesyłowe

Należy ograniczyć długość linii przesyłowych transportujących pobraną próbkę z sondy do analizatora, zasobnika lub układu rozcieńczania poprzez umieszczenie analizatorów, zasobników lub układów rozcieńczania możliwie blisko sond. Liczbę łuków rurowych w liniach przesyłowych należy ograniczyć do minimum, a promień każdego łuku rurowego, którego nie da się uniknąć, musi być jak największy.

### 9.3.1.3. Metody pobierania próbek

W odniesieniu do ciągłego i okresowego pobierania próbek, o czym mowa w pkt 7.2, stosuje się następujące warunki:

- przy pobieraniu z przepływu o stałym natężeniu próbka również musi być przenoszona ze stałym natężeniem przepływu;
- przy pobieraniu z przepływu o zmiennym natężeniu natężenie przepływu próbki musi się zmieniać proporcjonalnie do zmieniającego się natężenia przepływu spalin;
- proporcjonalne pobieranie próbek poddaje się walidacji zgodnie z pkt 8.2.1.

### 9.3.2. Pobieranie próbek gazu

#### 9.3.2.1. Sondy do pobierania próbek

Do pobierania próbek emisji gazowych używa się sond jedno- lub wielootworowych. Sondy mogą być skierowane w dowolnym kierunku względem przepływu nierozcieńczonych lub rozcieńczonych spalin. W odniesieniu do niektórych sond reguluje się temperaturę próbki w następujący sposób:

- w przypadku sond do pobierania  $\text{NO}_x$  ze spalin rozcieńczonych kontroluje się temperaturę ścianek sondy w celu uniemożliwienia skraplania w postaci roztworów wodnych;
- w przypadku sond do pobierania węglowodorów ze spalin rozcieńczonych zaleca się utrzymywanie temperatury ścianek sondy na poziomie około 190 °C, aby zminimalizować zanieczyszczenie.

#### 9.3.2.2. Linie przesyłowe

Używa się linii przesyłowych o powierzchniach wewnętrznych wykonanych ze stali nierdzewnej, PTFE, Vitonu™ lub innego materiału o lepszych właściwościach pod względem pobierania próbek emisji. Stosuje się materiały niereaktywne wytrzymujące temperaturę gazów spalinowych. Można stosować wbudowane szeregowo filtry, pod warunkiem że filtr i jego obudowa spełniają te same wymagania w zakresie temperatury co linie przesyłowe, jak następuje:

- w liniach przesyłowych  $\text{NO}_x$  znajdujących się – w kierunku przeciwnym do przepływu – przed konwerterem  $\text{NO}_2$  do  $\text{NO}$  spełniającym wymagania pkt 8.1.11.5 lub przed urządzeniem schładzającym spełniającym wymagania pkt 8.1.11.4 utrzymuje się taką temperaturę próbki, która zapobiega skraplaniu w postaci roztworów wodnych;
- w liniach przesyłowych THC na całej długości linii utrzymuje się temperaturę ścianek w granicach (191 ± 11) °C. W przypadku próbkowania ze spalin nierozcieńczonych do sondy może być podłączona bezpośrednio nieogrzewana, izolowana linia przesyłowa. Długość i izolacja linii przesyłowej muszą być takie, aby obniżyć maksymalną przewidywaną temperaturę spalin nierozcieńczonych do temperatury nie niższej niż 191 °C, mierzonej na wylocie linii przesyłowej. W przypadku pobierania ze spalin rozcieńczonych dopuszcza się strefę przejściową między sondą a linią przesyłową, o długości nie większej niż 0,92 m, w celu wyrównania temperatury ścianek do (191 ± 11) °C.

### 9.3.2.3. Elementy służące do kondycjonowania próbek

#### 9.3.2.3.1. Osuszacze próbek

##### 9.3.2.3.1.1. Wymagania

Urządzenie do usuwania wilgoci musi spełniać wymagania minimalne określone poniżej. W równaniu (A.8–14) stosuje się zawartość wilgoci równą 0,8 % obj. H<sub>2</sub>O.

Dla największego oczekiwanego stężenia pary wodnej  $H_m$  metoda usuwania wody musi utrzymywać wilgotność CLD na poziomie  $\leq 5$  g wody/kg suchego powietrza (lub ok. 0,8 % obj. H<sub>2</sub>O), co odpowiada 100 % wilgotności względnej przy temperaturze 3,9 °C i ciśnieniu 101,3 kPa. Ta specyfikacja wilgotności jest też równoważna 25 % wilgotności względnej przy 25 °C i 101,3 kPa. Można to wykazać, mierząc temperaturę na wyjściu urządzenia osuszającego termicznie lub mierząc wilgotność w punkcie bezpośrednio przed analizatorem CLD (w kierunku przeciwnym do przepływu).

##### 9.3.2.3.1.2. Dopuszczalny typ osuszaczy próbek i procedura szacowania zawartości wilgoci za osuszaczem

Dopuszcza się stosowanie dowolnego z dwóch typów osuszaczy opisanych w niniejszym punkcie w celu zmniejszenia wpływu wody na pomiary emisji gazowych.

a) Jeżeli przed dowolnym analizatorem gazowym lub zasobnikiem (w kierunku przeciwnym do przepływu) stosowany jest osuszacz z membraną osmotyczną, to musi on spełniać wymagania dotyczące temperatury z pkt 9.3.2.2. Monitoruje się punkt rosy  $T_{dew}$  i ciśnienie bezwzględne  $p_{total}$  za osuszaczem z membraną osmotyczną (w kierunku przepływu). Ilość wody oblicza się zgodnie z dodatkami A.7–A.8, wykorzystując rejestrowane w trybie ciągłym wartości  $T_{dew}$  i  $p_{total}$  lub ich wartości szczytowe zarejestrowane podczas badań bądź ich ustalone punkty alarmowe. Ze względu na brak bezpośredniego pomiaru za nominalne  $p_{total}$  przyjmuje się najmniejsze ciśnienie bezwzględne w osuszaczu przewidywane podczas badania;

b) niedopuszczalne jest stosowanie termicznego urządzenia schładzającego umieszczonego przed układem pomiaru THC (w kierunku przeciwnym do przepływu) w odniesieniu do silników o zapłonie samoczynnym. Jeżeli używane jest termiczne urządzenie schładzające umieszczone przez konwerterem NO<sub>2</sub> do NO (w kierunku przeciwnym do przepływu) lub stosowane w układzie próbkowania bez konwertera NO<sub>2</sub> do NO, to takie urządzenie schładzające musi spełniać warunki próby na stratę NO<sub>2</sub> określone w pkt 8.1.11.4. Monitoruje się punkt rosy  $T_{dew}$  i ciśnienie bezwzględne  $p_{total}$  za termicznym urządzeniem schładzającym (w kierunku przepływu). Ilość wody oblicza się zgodnie z dodatkami A.7–A.8, wykorzystując rejestrowane w trybie ciągłym wartości  $T_{dew}$  i  $p_{total}$  lub ich wartości szczytowe zarejestrowane podczas badań bądź ich ustalone punkty alarmowe. Ze względu na brak bezpośredniego pomiaru za nominalne  $p_{total}$  przyjmuje się najmniejsze ciśnienie bezwzględne urządzenia schładzającego przewidywane podczas badania. Jeżeli można w uzasadniony sposób założyć stopień nasycenia w termicznym urządzeniu schładzającym, można obliczyć  $T_{dew}$  w oparciu o znaną sprawność urządzenia schładzającego i ciągle monitorowanie temperatury urządzenia  $T_{chiller}$ . Jeżeli wartości  $T_{chiller}$  nie są zapisywane w sposób ciągły, to jako wartość stałą do wyznaczenia stałej ilości wody zgodnie z dodatkami A.7–A.8 można wykorzystać wartość szczytową zaobserwowaną w badaniu lub ustalony punkt alarmowy dla tej wielkości. Jeżeli można w uzasadniony sposób założyć, że  $T_{chiller}$  jest równa  $T_{dew}$ , to wartość  $T_{chiller}$  można zastosować zamiast  $T_{dew}$  zgodnie z dodatkami A.7–A.8. Jeżeli można w uzasadniony sposób założyć stałe przesunięcie temperatury między  $T_{chiller}$  a  $T_{dew}$  ze względu na znaną i stałą wielkość ponownego nagrzewania próbki między wylotem urządzenia schładzającego a miejscem pomiaru temperatury, to taką zakładaną wartość przesunięcia temperatury można uwzględnić w obliczeniach emisji. Ważność wszelkich założeń dopuszczonych na podstawie niniejszego punktu należy wykazać za pomocą analizy technicznej lub danych.

##### 9.3.2.3.2. Pompy do pobierania próbek

Stosuje się pompy do pobierania próbek umieszczone przed analizatorem lub zasobnikiem na próbki gazu (w kierunku przeciwnym do przepływu). Używa się pomp o powierzchniach wewnętrznych wykonanych ze stali nierdzewnej, PTFE lub innego materiału o lepszych właściwościach pod względem pobierania próbek emisji. W odniesieniu do niektórych pomp do pobierania próbek reguluje się temperaturę w następujący sposób:

a) jeżeli stosowana jest pompa do próbek NO<sub>x</sub> umieszczona – w kierunku przeciwnym do przepływu – przed konwerterem NO<sub>2</sub> do NO spełniającym wymagania pkt 8.1.11.5 lub przed urządzeniem schładzającym spełniającym wymagania pkt 8.1.11.4, to taka pompa musi być ogrzewana, aby zapobiec skraplaniu w postaci roztworów wodnych;

b) jeżeli stosowana jest pompa do próbek THC umieszczona – w kierunku przeciwnym do przepływu – przez analizatorem lub zasobnikiem próbek THC, to jej powierzchnie wewnętrzne muszą być podgrzewane do temperatury w granicach (191 ± 11) °C.

##### 9.3.2.4. Zasobniki do przechowywania próbek

W przypadku pobierania próbek przy użyciu worków objętości gazów przechowuje się w zbiornikach o wystarczającej czystości, które wykazują minimalny odlot lub przenikanie gazów. Stosuje się właściwą ocenę techniczną, aby określić dopuszczalne progi czystości i przenikania dla zasobników. W celu oczyszczenia zbiornika można go wielokrotnie przeczyszczać i opróżniać oraz można go podgrzewać. Stosuje się zbiorniki giętkie (np. worki) w środowisku o regulowanej temperaturze lub zbiorniki sztywne o regulowanej temperaturze, które są początkowo opróżnione lub mają objętość, którą można przemieścić, np. w układzie tłok-cylinder. Używa się zbiorników, które spełniają specyfikacje określone w poniższej tabeli 9.1.

Tabela 9.1

**Materiały zbiorników do okresowego pobierania próbek gazowych**

|   |   |
|---|---|
| CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , NO, NO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup> | polifluorek winylu (PVF) <sup>(2)</sup> , na przykład Tedlar™, polifluorek winylidenu <sup>(2)</sup> , na przykład Kynar™, politetrafluoroetylen <sup>(3)</sup> , na przykład Teflon™, lub stal nierdzewna <sup>(3)</sup> |
| THC, NMHC   | politetrafluoroetylen <sup>(4)</sup> lub stal nierdzewna <sup>(4)</sup>   |

<sup>(1)</sup> O ile wyeliminowano skraplanie w postaci roztworów wodnych w zbiorniku.

<sup>(2)</sup> Do 40 °C.

<sup>(3)</sup> Do 202 °C.

<sup>(4)</sup> Przy (191 ± 11) °C.

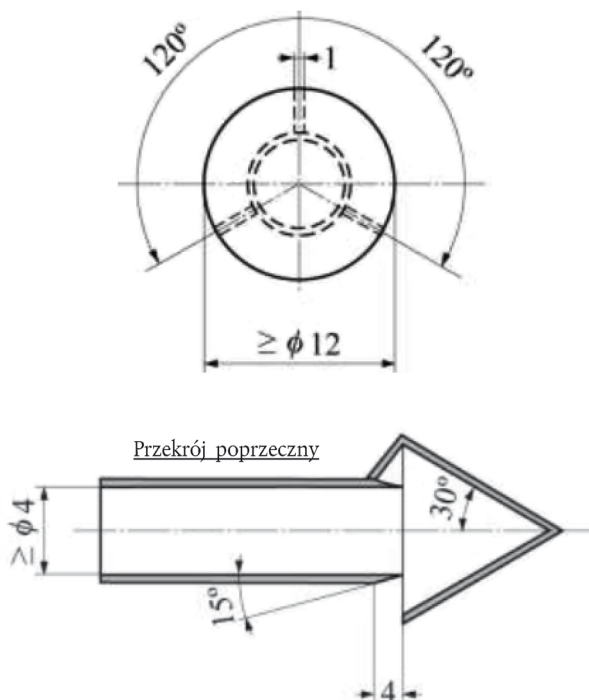
## 9.3.3. Pobieranie próbek cząstek stałych

## 9.3.3.1. Sondy do pobierania próbek

Do pobierania próbek cząstek stałych stosuje się sondy z jednym otworem na końcu. Sondy do pobierania cząstek stałych muszą być skierowane bezpośrednio w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu.

Sonda do pobierania cząstek stałych może być osłonięta kołnierzem spełniającym wymagania z rysunku 9.3. W takim przypadku nie stosuje się preklasyfikatora opisanego w pkt 9.3.3.3.

Rysunek 9.3

**Schemat sondy do pobierania próbek z preklasyfikatorem kołnierzowym**

## 9.3.3.2. Linie przesyłowe

Zaleca się stosowanie izolowanych lub podgrzewanych linii przesyłowych lub podgrzewanej obudowy w celu ograniczenia różnicy temperatur między liniami przesyłowymi a składnikami spalin. Stosuje się linie przesyłowe, które są obojętne względem cząstek stałych i przewodzące elektrycznie po stronie wewnętrznej. Do cząstek stałych zaleca się stosowanie linii przesyłowych wykonanych ze stali nierdzewnej; wszelkie materiały inne niż stal nierdzewna muszą spełniać te same wymagania eksploatacyjne dla próbkowania co stal nierdzewna. Wewnętrzna powierzchnia linii przesyłowych do cząstek stałych musi być uziemiona elektrycznie.

## 9.3.3.3. Preklasyfikator

Dopuszcza się stosowanie preklasyfikatora cząstek stałych do usuwania cząstek o dużej średnicy, zainstalowanego w układzie rozcieńczania bezpośrednio przed obsadką filtra. Dozwolony jest tylko jeden preklasyfikator. Jeżeli używa się sondy kołnierzowej (zob. rysunek 9.3), to stosowanie preklasyfikatora jest zabronione.

Preklasyfikatorem cząstek stałych może być inercyjne urządzenie typu udarowego lub separator cyklonowy. Preklasyfikator musi być wykonany ze stali nierdzewnej. Preklasyfikator musi być obliczony na usuwanie co najmniej 50 % cząstek stałych o średnicy aerodynamicznej wynoszącej 10 µm i nie więcej niż 1 % cząstek stałych o średnicy aerodynamicznej wynoszącej 1 µm w całym zakresie natężeń przepływu, przy jakich jest stosowany. Wylot preklasyfikatora musi być skonfigurowany tak, aby umożliwić obejście filtra do pobierania próbek cząstek stałych, tak aby można było ustabilizować przepływ przez preklasyfikator przed rozpoczęciem badania. Filtr do pobierania próbek cząstek stałych musi się znajdować w odległości nie większej niż 75 cm za wylotem preklasyfikatora (w kierunku przepływu).

#### 9.3.3.4. Filtr do pobierania próbek

Próbki ze spalin rozcieńczonych pobiera się podczas sekwencji badania przy pomocy filtra spełniającego wymagania zawarte w pkt 9.3.3.4.1–9.3.3.4.4.

##### 9.3.3.4.1. Specyfikacja filtrów

Wszystkie typy filtrów muszą charakteryzować się sprawnością zbierania ziaren 0,3 µm DOP (dioktyloftalanu) wynoszącą co najmniej 99,7 %. Do wykazania zgodności z tym wymaganiem można posłużyć się pomiarami filtra wykonanymi przez producenta i zawartymi w specyfikacji produktu. Filtry muszą być wykonane z następujących materiałów:

- a) włókna szklanego powlekanego fluoropochodnymi węglowodorów (PTFE); lub
- b) membrany z fluoropochodnych węglowodorów (PTFE).

Jeżeli przewidywana masa netto cząstek stałych na filtrze przekracza 400 µg, to można zastosować filtr o minimalnej początkowej sprawności zbierania wynoszącej 98 %.

##### 9.3.3.4.2. Wielkość filtra

Filtr o wielkości nominalnej ma średnicę 46,50 mm ± 0,6 mm.

##### 9.3.3.4.3. Rozcieńczanie i regulacja temperatury próbek cząstek stałych

Próbki cząstek stałych muszą być rozcieńczane co najmniej raz przed liniami przesyłowymi (w kierunku przeciwnym do przepływu) w przypadku układu CVS i za liniami przesyłowymi (w kierunku przepływu) w przypadku układu PFD (zob. pkt 9.3.3.2 dotyczący linii przesyłowych). Temperatura próbki musi być utrzymywana w granicach (47 ± 5) °C, mierzona w dowolnym miejscu znajdującym się w odległości do 200 mm przed (w kierunku przeciwnym do przepływu) lub 200 mm za (w kierunku przepływu) zasobnikiem do przechowywania próbek cząstek stałych. Próbka cząstek stałych powinna być ogrzewana lub ochładzana przede wszystkim poprzez warunki rozcieńczenia, jak określono w lit. a) pkt 9.2.1.

##### 9.3.3.4.4. Prędkość na czole filtra

Prędkość gazów na czole filtra musi wynosić 0,90–1,00 m/s, przy czym mniej niż 5 % zarejestrowanych wartości przepływu może przekraczać ten zakres. Jeżeli masa całkowita cząstek stałych przekracza 400 µg, prędkość na czole filtra może być zmniejszona. Prędkość na czole mierzy się jako objętościowe natężenie przepływu próbki w warunkach ciśnienia panującego przed filtrem (w kierunku przeciwnym do przepływu) i temperatury na czole filtra podzielone przez powierzchnię dostępną filtra. Jako wartość ciśnienia przed filtrem (w kierunku przeciwnym do przepływu) przyjmuje się ciśnienie wydechu lub tunelu CVS, jeżeli spadek ciśnienia w układzie próbkowania cząstek stałych na drodze do filtra jest mniejszy niż 2 kPa.

##### 9.3.3.4.5. Obsadka filtra

Aby ograniczyć osadzanie turbulentne i zapewnić równomierne osadzanie się cząstek stałych na filtrze, w odniesieniu do przejścia od średnicy wewnętrznej linii przesyłowej do odsłoniętej średnicy czoła filtra stosuje się kąt stożkowy o wartości 12,5 ° (od osi). Przejście to wykonuje się ze stali nierdzewnej.

#### 9.3.4. Środowiska do stabilizacji i ważenia cząstek stałych do celów analizy grawimetrycznej

##### 9.3.4.1. Środowisko do analizy grawimetrycznej

W niniejszej sekcji opisano dwa środowiska wymagane do stabilizacji i ważenia cząstek stałych do celów analizy grawimetrycznej: środowisko do stabilizacji cząstek stałych, w którym filtry są przechowywane przed ważeniem, oraz środowisko do ważenia, w którym znajduje się waga. Te dwa środowiska mogą znajdować się we wspólnej przestrzeni.

Zarówno środowisko stabilizacyjne, jak i środowisko do ważenia muszą być wolne od zanieczyszczeń powietrza otaczającego, takich jak kurz, aerozole i substancje pólnotne, które mogłyby zanieczyścić próbki cząstek stałych.

##### 9.3.4.2. Czystość

Sprawdza się czystość środowiska do stabilizacji cząstek stałych przy użyciu filtrów odniesienia, jak opisano w pkt 8.1.12.1.4.



## 9.3.4.3. Temperatura komory

Temperaturę komory (lub pomieszczenia), w którym kondycjonuje się i waży filtry cząstek stałych, utrzymuje się w przedziale  $22\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  przez cały czas kondycjonowania i ważenia wszystkich filtrów. Wilgotność utrzymuje się w punkcie rosy wynoszącym  $9,5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ , a wilgotność względną na poziomie  $45 \pm 8\%$ . Jeżeli środowiska do stabilizacji i ważenia są odrębne, to temperaturę środowiska stabilizacji utrzymuje się w granicach  $22\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ .

## 9.3.4.4. Weryfikacja warunków otoczenia

W przypadku stosowania przyrządów pomiarowych spełniających wymagania pkt 9.4 sprawdza się następujące warunki otoczenia:

- a) rejestruje się punkt rosy i temperaturę otoczenia. Wartości te wykorzystuje się do określenia, czy środowiska do stabilizacji i ważenia pozostawały w granicach tolerancji określonych w pkt 9.3.4.3 niniejszej sekcji przez co najmniej 60 min przed ważeniem filtrów;
- b) w środowisku do ważenia zapisuje się ciśnienie atmosferyczne w trybie ciągłym. Dopuszczalną alternatywą jest stosowanie barometru, który mierzy ciśnienie atmosferyczne poza środowiskiem do ważenia, pod warunkiem że można zagwarantować, że ciśnienie atmosferyczne w miejscu wagi znajduje się zawsze w granicach  $\pm 100\text{ Pa}$  w stosunku do wspólnego ciśnienia atmosferycznego. Przy każdym ważeniu próbki cząstek stałych zapewnia się zapis najnowszej wartości ciśnienia atmosferycznego. Wartość tę wykorzystuje się do obliczeń korekcji cząstek stałych ze względu na wypór, jak opisano w pkt 8.1.12.2.

## 9.3.4.5. Instalacja wagi

Wagę instaluje się w następujący sposób:

- a) na platformie tłumiącej drgania, aby odizolować wagę od zewnętrznych źródeł hałasu i drgań;
- b) tak, aby osłonić wagę przed konwekcyjnym przepływem powietrza przy pomocy antystatycznej osłony, która jest elektrycznie uziemiona.

## 9.3.4.6. Ładunek elektrostatyczny

W otoczeniu wagi minimalizuje się ładunek elektrostatyczny w następujący sposób:

- a) waga musi być uziemiona elektrycznie;
- b) stosuje się pincetę ze stali nierdzewnej, jeżeli próbki cząstek stałych są przenoszone ręcznie;
- c) stosuje się uziemienie pincety przy pomocy przewodu uziemiającego lub wyposażenie operatora w przewód uziemiający posiadający wspólne uziemienie z wagą;
- d) stosuje się neutralizator elektryczności statycznej, który jest uziemiony wspólnie z wagą w celu usunięcia ładunków statycznych z próbek cząstek stałych.

## 9.4. Przyrządy pomiarowe

## 9.4.1. Wprowadzenie

## 9.4.1.1. Zakres

W niniejszym punkcie określono przyrządy pomiarowe i powiązane wymagania systemowe dotyczące badania emisji. Obejmuje to sprzęt laboratoryjny do pomiaru parametrów silnika, warunków otoczenia, parametrów przepływu i stężeń emisji (nierozcieńczonych lub rozcieńczonych).

## 9.4.1.2. Rodzaje przyrządów

Wszelkie przyrządy, o których mowa w niniejszym załączniku, muszą być stosowane w sposób opisany w samym załączniku (zob. tabela 8.2, gdzie znajdują się wielkości pomiarowe wskazywane przez takie przyrządy). Jeżeli stosuje się przyrząd wymieniony w niniejszym załączniku w sposób, który nie został w nim określony, lub zamiennie stosuje się inny przyrząd, to obowiązują wymagania dotyczące równoważności określone w pkt 5.1.3. Jeżeli dla danego pomiaru określono kilka przyrządów, to przy wystąpieniu o homologację jeden z nich zostanie wskazany przez organ udzielający homologacji typu jako przyrząd odniesienia do celów wykazania, że dana procedura alternatywna jest równoważna wobec określonej procedury.

## 9.4.1.3. Układy nadliczbowe

W odniesieniu do wszystkich przyrządów pomiarowych opisanych w niniejszym punkcie można wykorzystywać dane z wielu przyrządów do obliczenia wyników pojedynczego badania, za uprzednią zgodą organu udzielającego homologacji typu. Wyniki wszystkich pomiarów zapisuje się i zachowuje dane surowe, jak opisano w pkt 5.3 niniejszego załącznika. Wymóg ten stosuje się niezależnie od tego, czy pomiary zostaną rzeczywiście wykorzystane w obliczeniach.

## 9.4.2. Rejestrowanie danych i sterowanie

Układ badawczy musi być zdolny do aktualizowania i rejestrowania danych oraz sterowania układami związanymi z zapotrzebowaniem operatora, hamulcem dynamometrycznym, sprzętem do pobierania próbek i przyrządami pomiarowymi. Stosuje się układy pozyskiwania danych i układy sterowania, które są zdolne do rejestrowania z określoną częstotliwością minimalną, jak przedstawiono w tabeli 9.2 (tabela ta nie dotyczy badań z fazami dyskretnymi).

Tabela 9.2

**Minimalne częstotliwości rejestracji danych i sterowania**

| Odpowiednia część protokołu badania | Mierzone wartości  | Minimalna częstotliwość sygnałów sterujących | Minimalna częstotliwość rejestracji danych     |
|-------------------------------------|--|--|--|
| 7.6.                                | Prędkość obrotowa i moment obrotowy podczas wykonywania skokowego odwzorowania charakterystyki silnika   | 1 Hz   | 1 wartość średnia na skok                      |
| 7.6.                                | Prędkość obrotowa i moment obrotowy podczas wykonywania odwzorowania charakterystyki silnika z odchyleniem   | 5 Hz   | 1 Hz średnia                                   |
| 7.8.3.                              | Wartości odniesienia i wartości pochodzące z sygnałów sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego w niestacjonarnym cyklu pracy  | 5 Hz   | 1 Hz średnia                                   |
| 7.8.2.                              | Wartości odniesienia i wartości pochodzące z sygnałów sprzężenia zwrotnego dla prędkości obrotowej i momentu obrotowego w stacjonarnym cyklu pracy i w cyklu pracy ze zmianami jednostajnymi między fazami | 1 Hz   | 1 Hz   |
| 7.3.                                | Stężenia ciągłe dla analizatorów spalin nierozcieńczonych  | Nie dotyczy                                  | 1 Hz   |
| 7.3.                                | Stężenia ciągłe dla analizatorów spalin rozcieńczonych   | Nie dotyczy                                  | 1 Hz   |
| 7.3.                                | Stężenia okresowe dla analizatorów spalin nierozcieńczonych lub rozcieńczonych   | Nie dotyczy                                  | 1 wartość średnia na przedział czasowy badania |
| 7.6.<br>8.2.1.                      | Natężenie przepływu spalin rozcieńczonych z układu CVS z wymiennikiem ciepła przed pomiarem przepływu (w kierunku przeciwnym do przepływu)   | Nie dotyczy                                  | 1 Hz   |
| 7.6.<br>8.2.1.                      | Natężenie przepływu spalin rozcieńczonych z układu CVS bez wymiennika ciepła przed pomiarem przepływu (w kierunku przeciwnym do przepływu)   | 5 Hz   | 1 Hz średnia                                   |
| 7.6.<br>8.2.1.                      | Natężenie przepływu powietrza dolotowego lub spalin (dla niestacjonarnych pomiarów spalin nierozcieńczonych)   | Nie dotyczy                                  | 1 Hz średnia                                   |
| 7.6.<br>8.2.1.                      | Powietrze rozcieńczające, jeżeli jest aktywnie regulowane  | 5 Hz   | 1 Hz średnia                                   |
| 7.6.<br>8.2.1.                      | Natężenie przepływu próbki z układu CVS z wymiennikiem ciepła  | 1 Hz   | 1 Hz   |
| 7.6.<br>8.2.1.                      | Natężenie przepływu próbki z układu CVS bez wymiennika ciepła  | 5 Hz   | 1 Hz średnia                                   |

## 9.4.3. Wymagania eksploatacyjne dla przyrządów pomiarowych

## 9.4.3.1. Informacje ogólne

Układ badawczy jako całość musi spełniać wszystkie obowiązujące kryteria dotyczące wzorcowania, weryfikacji i walidacji badań określone w pkt 8.1, w tym wymagania dotyczące próby liniowości z pkt 8.1.4 i 8.2. Przyrządy muszą spełniać wymagania z tabeli 9.2 dla wszystkich zakresów używanych w badaniu. Ponadto przechowuje się wszelką dokumentację otrzymaną od producentów przyrządów, która potwierdza, że spełniają one wymagania z tabeli 9.2.

## 9.4.3.2. Wymagania dotyczące elementów

W tabeli 9.3 znajdują się wymagania dla przetworników momentu obrotowego, prędkości obrotowej i ciśnienia, czujników temperatury i punktu rosy oraz innych przyrządów. Ogólny układ do pomiaru danej wielkości fizycznej lub chemicznej musi spełniać kryteria weryfikacji liniowości z pkt 8.1.4. W przypadku pomiarów emisji gazowych można stosować analizatory, w których wykorzystuje się algorytmy kompensacji będące funkcją innych mierzonych składników gazowych i właściwości paliwa w danym badaniu silnika. Wszelkie algorytmy kompensacji mogą zapewniać jedynie kompensację przesunięcia bez wpływu na przyrost (tj. brak obciążenia).

Tabela 9.3

## Zalecane właściwości eksploatacyjne przyrządów pomiarowych

| Przyrząd pomiarowy  | Symbol mierzonej wielkości | Pełny czas narastania układu | Częstotliwość aktualizacji rejestracji danych | Dokładność <sup>(*)</sup>                    | Powtarzalność <sup>(*)</sup>                  |
|---|----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| Przetwornik prędkości obrotowej silnika   | n                          | 1 s                          | 1 Hz średnia                                  | 2,0 % wartości pt. lub 0,5 % wartości maks.  | 1,0 % wartości pt. lub 0,25 % wartości maks.  |
| Przetwornik momentu obrotowego silnika  | T                          | 1 s                          | 1 Hz średnia                                  | 2,0 % wartości pt. lub 1,0 % wartości maks.  | 1,0 % wartości pt. lub 0,5 % wartości maks.   |
| Przepływomierz paliwa (przyrząd sumujący do paliwa)   |                            | 5 s (nie dotyczy)            | 1 Hz (nie dotyczy)                            | 2,0 % wartości pt. lub 1,5 % wartości maks.  | 1,0 % wartości pt. lub 0,75 % wartości maks.  |
| Przepływomierz całkowitych spalin rozcieńczonych (CVS) (z wymiennikiem ciepła przed przepływomierzem) |                            | 1 s (5 s)                    | 1 Hz średnia (1 Hz)                           | 2,0 % wartości pt. lub 1,5 % wartości maks.  | 1,0 % wartości pt. lub 0,75 % wartości maks.  |
| Przepływomierze powietrza rozcieńczającego, powietrza dolotowego, spalin i próbki                     |                            | 1 s                          | Średnia 1 Hz z próbek dla 5 Hz                | 2,5 % wartości pt. lub 1,5 % wartości maks.  | 1,25 % wartości pt. lub 0,75 % wartości maks. |
| Analizator ciągły spalin nierozcieńczonych  | x                          | 2,5 s                        | 2 Hz  | 2,0 % wartości pt. lub 2,0 % wartości mierz. | 1,0 % wartości pt. lub 1,0 % wartości mierz.  |
| Analizator ciągły spalin rozcieńczonych   | x                          | 5 s                          | 1 Hz  | 2,0 % wartości pt. lub 2,0 % wartości mierz. | 1,0 % wartości pt. lub 1,0 % wartości mierz.  |
| Analizator ciągły gazów   | x                          | 5 s                          | 1 Hz  | 2,0 % wartości pt. lub 2,0 % wartości mierz. | 1,0 % wartości pt. lub 1,0 % wartości mierz.  |
| Analizator okresowy gazów   | x                          | Nie dotyczy                  | Nie dotyczy                                   | 2,0 % wartości pt. lub 2,0 % wartości mierz. | 1,0 % wartości pt. lub 1,0 % wartości mierz.  |
| Waga grawimetryczna do cząstek stałych  | m <sub>PM</sub>            | Nie dotyczy                  | Nie dotyczy                                   | Zob. pkt 9.4.11                              | 0,5 µg  |
| Waga inercyjna do cząstek stałych   | m <sub>PM</sub>            | 5 s                          | 1 Hz  | 2,0 % wartości pt. lub 2,0 % wartości mierz. | 1,0 % wartości pt. lub 1,0 % wartości mierz.  |

<sup>(\*)</sup> Dokładność i powtarzalność wyznacza się przy użyciu tych samych zgromadzonych danych, jak opisano w pkt 9.4.3, i w oparciu o wartości bezwzględne. „pt.” oznacza ogólną wartość średnią przewidywaną dla wartości granicznej emisji; „maks.” oznacza szczytową wartość przewidywaną dla wartości granicznej emisji w danym cyklu pracy, nie wartość maksymalną zakresu przyrządu; „mierz.” oznacza rzeczywistą wartość średnią zmierzoną w cyklu pracy.

## 9.4.4. Pomiar parametrów silnika i warunków otoczenia

## 9.4.4.1. Czujniki prędkości obrotowej i momentu obrotowego

## 9.4.4.1.1. Zastosowanie

Przyrządy pomiarowe do danych wejściowych i wyjściowych pracy silnika muszą spełniać wymagania określone w niniejszym punkcie. Zaleca się stosowanie czujników, przetworników i mierników spełniających wymagania z tabeli 9.3. Ogólne układy do pomiaru danych wejściowych i wyjściowych pracy silnika muszą spełniać kryteria weryfikacji liniowości z pkt 8.1.4.

- 9.4.4.1.2. Praca na wale
- Pracę i moc oblicza się z danych wyjściowych przetworników prędkości obrotowej i momentu obrotowego zgodnie z pkt 9.4.4.1. Ogólne układy do pomiaru prędkości obrotowej i momentu obrotowego muszą spełniać kryteria weryfikacji liniowości z pkt 8.1.7 i 8.1.4.
- Moment obrotowy wzbudzany przez bezwładność przyspieszających i zwalnających części połączonych z kołem zamachowym, takich jak wał napędowy czy wirnik hamulca dynamometrycznego, kompensuje się w razie potrzeby w oparciu o właściwą ocenę techniczną.
- 9.4.4.2. Przetworniki ciśnienia, czujniki temperatury i czujniki punktu rosy
- Ogólne układy do pomiaru ciśnienia, temperatury i punktu rosy muszą spełniać kryteria wzorcowania z pkt 8.1.7.
- Przetworniki ciśnienia muszą być umieszczone w środowisku o regulowanej temperaturze lub też muszą kompensować zmiany temperatury w przewidywanym zakresie roboczym. Materiały przetworników muszą być zgodne z mierzonym płynem.
- 9.4.5. Pomiarzy związane z przepływem
- W odniesieniu do wszystkich rodzajów przepływomierzy (paliwa, powietrza dolotowego, spalin nierozcieńczonych, spalin rozcieńczonych, próbki) przepływ należy w miarę potrzeb kondycjonować, aby wyeliminować strumienie nadążające, wiry, przepływy obiegowe lub pulsacje przepływu, które mogą mieć wpływ na dokładność lub powtarzalność miernika. W odniesieniu do niektórych mierników można to osiągnąć poprzez zastosowanie prostego przewodu o wystarczającej długości (np. długości równej co najmniej 10-krotności średnicy przewodu) lub poprzez zastosowanie specjalnie zaprojektowanych łuków rurowych, żeberk prostujących, płytek z kryzą (lub pneumatycznych urządzeń do tłumienia pulsacji w odniesieniu do przepływomierza paliwa), tak aby ustalić stały i przewidywalny profil prędkości przed miernikiem (w kierunku przeciwnym do przepływu).
- 9.4.5.1. Przepływomierz paliwa
- Ogólny układ do pomiaru przepływu paliwa musi spełniać kryteria wzorcowania z pkt 8.1.8.1. Przy wszelkich pomiarach przepływu paliwa należy uwzględnić wszelkie paliwo omijające silnik lub wracające z silnika do zbiornika paliwa.
- 9.4.5.2. Przepływomierz powietrza dolotowego
- Ogólny układ do pomiaru przepływu powietrza dolotowego musi spełniać kryteria wzorcowania z pkt 8.1.8.2.
- 9.4.5.3. Przepływomierz spalin nierozcieńczonych
- 9.4.5.3.1. Wymagania dotyczące części
- Ogólny układ do pomiaru przepływu spalin nierozcieńczonych musi spełniać kryteria liniowości z pkt 8.1.4. Przepływomierz spalin nierozcieńczonych musi być zaprojektowany w taki sposób, aby odpowiednio kompensować zmiany nierozcieńczonych gazów spalinowych pod względem stanów termodynamicznych, strumienia i składu.
- 9.4.5.3.2. Czas odpowiedzi przepływomierza
- Aby sterować układem rozcieńczania przepływu częściowego w taki sposób, aby układ pobierał proporcjonalną próbkę spalin nierozcieńczonych, konieczny jest krótszy czas odpowiedzi przepływomierza niż wskazany w tabeli 9.3. Dla układów rozcieńczania przepływu częściowego ze sterowaniem w trybie bezpośrednim (online) czas odpowiedzi przepływomierza musi być zgodny ze specyfikacjami z pkt 8.2.1.2.
- 9.4.5.3.3. Chłodzenie spalin
- Chłodzenie spalin przed wprowadzeniem ich do przepływomierza jest dozwolone, z następującymi ograniczeniami:
- za chłodzeniem (w kierunku przepływu) nie pobiera się próbek cząstek stałych;
  - jeżeli chłodzenie powoduje, że temperatura spalin wynosząca powyżej 202 °C spada do poniżej 180 °C, to za chłodzeniem (w kierunku przepływu) nie pobiera się próbek NMHC;
  - jeżeli chłodzenie powoduje skraplanie w postaci roztworów wodnych, to za chłodzeniem (w kierunku przepływu) nie pobiera się próbek NO<sub>x</sub>, chyba że urządzenie schładzające spełnia kryteria weryfikacji działania określone w pkt 8.1.11.4;
  - jeżeli chłodzenie powoduje skraplanie w postaci roztworów wodnych przed wprowadzeniem przepływu do przepływomierza, to na wlocie przepływomierza mierzy się punkt rosy  $T_{dew}$  i ciśnienie  $p_{total}$ . Wartości te wykorzystuje się do obliczeń emisji zgodnie z dodatkami A.7–A.8.

#### 9.4.5.4. Przepływomierze powietrza rozcieńczającego i spalin rozcieńczonych

##### 9.4.5.4.1. Zastosowanie

Chwilowe natężenia przepływu spalin rozcieńczonych lub całkowity przepływ spalin rozcieńczonych w danym przedziale czasowym badania wyznacza się przy użyciu przepływomierza spalin rozcieńczonych. Natężenia przepływu spalin nierozcieńczonych lub całkowity przepływ spalin nierozcieńczonych w danym przedziale czasowym badania można obliczyć z różnicy między wskazaniami przepływomierza spalin rozcieńczonych i przepływomierza powietrza rozcieńczającego.

##### 9.4.5.4.2. Wymagania dotyczące części

Ogólny układ do pomiaru natężenia przepływu spalin rozcieńczonych musi spełniać kryteria wzorcowania i weryfikacji określone w pkt 8.1.8.4 i 8.1.8.5. Można stosować następujące przepływomierze:

- w przypadku próbkowania przy zachowaniu stałej objętości przepływu (CVS) z całkowitego przepływu spalin rozcieńczonych można zastosować zwężkę Venturiego o przepływie krytycznym (CFV) lub więcej takich zwęzek ustawionych równolegle, pompę waporową (PDP), zwężkę Venturiego o przepływie poddźwiękowym (SSV) lub przepływomierz ultradźwiękowy (UFM). W połączeniu z wymiennikiem ciepła umieszczonym przed CFV lub PDP (w kierunku przeciwnym do przepływu) takie urządzenia funkcjonują również jako bierne regulatory przepływu poprzez utrzymywanie stałej temperatury rozcieńczonych spalin w układzie CVS;
- w przypadku układu rozcieńczania przepływu częściowego (PFD) można zastosować połączenie dowolnego przepływomierza z dowolnym aktywnym układem regulacji przepływu, aby utrzymać proporcjonalne próbkowanie składników spalin. W celu utrzymania proporcjonalnego próbkowania można regulować przepływ całkowity spalin rozcieńczonych, przepływy próbek lub zastosować kombinację regulacji tych przepływów.

W przypadku pozostałych układów rozcieńczania można zastosować element przepływu uwarstwionego, przepływomierz ultradźwiękowy, zwężkę Venturiego o przepływie poddźwiękowym, zwężkę Venturiego o przepływie krytycznym lub więcej takich zwęzek umieszczonych równolegle, przepływomierz waporowy, termiczny przepływomierz masowy, uśredniającą rurkę Pitota lub anemometr ciepłno-oporowy.

##### 9.4.5.4.3. Chłodzenie spalin

Rozcieńczone spaliny przed przepływomierzem spalin rozcieńczonych (w kierunku przeciwnym do przepływu) mogą być chłodzone, o ile spełnione są następujące warunki:

- za chłodzeniem (w kierunku przepływu) nie pobiera się próbek cząstek stałych;
- jeżeli chłodzenie powoduje, że temperatura spalin wynosząca powyżej 202 °C spada do poniżej 180 °C, to za chłodzeniem (w kierunku przepływu) nie pobiera się próbek NMHC;
- jeżeli chłodzenie powoduje skraplanie w postaci roztworów wodnych, to za chłodzeniem (w kierunku przepływu) nie pobiera się próbek NO<sub>x</sub>, chyba że urządzenie schładzające spełnia kryteria weryfikacji działania określone w pkt 8.1.11.4;
- jeżeli chłodzenie powoduje skraplanie w postaci roztworów wodnych przed wprowadzeniem przepływu do przepływomierza, to na wlocie przepływomierza mierzy się punkt rosy  $T_{dew}$  i ciśnienie  $P_{total}$ . Wartości te wykorzystuje się do obliczeń emisji zgodnie z dodatkami A.7–A.8.

##### 9.4.5.5. Przepływomierz próbki przy okresowym pobieraniu próbek

Stosuje się przepływomierz próbki, aby wyznaczyć natężenia przepływu próbki lub przepływ całkowity przechodzący przez układ okresowego pobierania próbek w danym przedziale czasowym badania. Różnicę wskazań obydwu przepływomierzy można użyć do obliczenia przepływu próbki do tunelu rozcieńczającego, np. w przypadku pomiaru cząstek stałych z rozcieńczania przepływu częściowego lub pomiaru cząstek stałych z rozcieńczania wtórnego. Specyfikacje dotyczące pomiaru różnicy przepływów w celu zapewnienia poboru proporcjonalnej próbki spalin nierozcieńczonych znajdują się w pkt 8.1.8.6.1, a wzorcowanie pomiaru różnicy przepływów omówiono w pkt 8.1.8.6.2.

Ogólny układ do pomiaru przepływu próbki musi spełniać kryteria wzorcowania z pkt 8.1.8.

##### 9.4.5.6. Rozdzielacz gazu

Do wymieszania gazów wzorcowych można użyć rozdzielacza gazów.

Stosuje się taki rozdzielacz gazów, który miesza gazy do uzyskania specyfikacji z pkt 9.5.1 i stężeń przewidywanych w czasie badań. Można stosować rozdzielacze gazu o przepływie krytycznym, kapilarne lub z termicznym przepływomierzem masowym. W razie potrzeby stosuje się korekcję pod względem lepkości (jeżeli nie robi tego wewnętrzne oprogramowanie rozdzielacza gazu), aby zapewnić prawidłowy rozdział gazu. Układ rozdzielacza gazu musi spełniać kryteria weryfikacji liniowości z pkt 8.1.4.5.

Opcjonalnie urządzenie mieszające można też sprawdzić przyrządem o charakterze liniowym, np. wykorzystując gaz NO z CLD. Wartość zakresu pomiarowego przyrządu należy ustawić przy pomocy gazu do ustawiania zakresu pomiarowego, podłączonego bezpośrednio do przyrządu. Rozdzielacz gazu należy sprawdzić przy używanych ustawieniach, a wartość nominalną należy porównać ze zmierzonym stężeniem dla przyrządu.

#### 9.4.6. Pomiary CO i CO<sub>2</sub>

Do pomiarów stężeń CO i CO<sub>2</sub> w spalinach nierozcieńczonych lub rozcieńczonych w odniesieniu do okresowego lub ciągłego pobierania próbek stosuje się analizator typu niedyspersyjnego działający na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego (NDIR).

Układ oparty na NDIR musi spełniać kryteria wzorcowania i weryfikacji z pkt 8.1.9.1.

#### 9.4.7. Pomiary węglowodorów

##### 9.4.7.1. Detektor płomieniowo-jonizacyjny

##### 9.4.7.1.1. Zastosowanie

Do pomiarów stężeń węglowodorów w spalinach nierozcieńczonych lub rozcieńczonych w odniesieniu do okresowego lub ciągłego pobierania próbek stosuje się grzany detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID). Stężenia węglowodorów oznacza się na podstawie liczby atomów węgla równej jeden (C1). Wartości dla metanu i węglowodorów niemietanowych oznacza się zgodnie z opisem w pkt 9.4.7.1.4. Wszystkie powierzchnie grzanych analizatorów FID, które są wystawione na emisje, muszą być utrzymywane w temperaturze 191 ±11 °C.

##### 9.4.7.1.2. Wymagania dotyczące części

Układ oparty na FID stosowany do pomiarów THC lub CH<sub>4</sub> musi spełniać wszystkie weryfikacje dla pomiarów węglowodorów opisane w pkt 8.1.10.

##### 9.4.7.1.3. Paliwo do FID i powietrze palnika

Paliwo do FID i powietrze palnika muszą spełniać wymagania określone w pkt 9.5.1. Paliwo FID i powietrze palnika nie mogą się mieszać przed wprowadzeniem ich do analizatora FID, tak aby analizator FID pracował z płomieniem dyfuzyjnym, a nie wstępnie zmieszany.

##### 9.4.7.1.4. Metan

Analizatory FID mierzą całkowitą zawartość węglowodorów (THC). Aby oznaczyć węglowodory niemietanowe (NMHC), oznacza się ilościowo metan (CH<sub>4</sub>) przy użyciu separatora węglowodorów niemietanowych i analizatora FID, jak opisano w pkt 9.4.7.2, albo przy użyciu chromatografu gazowego, jak opisano w pkt 9.4.7.3. Jeżeli do oznaczania NMHC wykorzystuje się analizator FID, to należy wyznaczyć jego współczynnik odpowiedzi dla CH<sub>4</sub>,  $RF_{CH_4}$ , jak opisano w pkt 8.1.10.1. Obliczenia związane z NMHC opisano w dodatkach A.7–A.8.

##### 9.4.7.1.5. Założenie dotyczące metanu

Zamiast pomiarów metanu można założyć, że 2 % zmierzonej całkowitej zawartości węglowodorów stanowi metan, jak opisano w dodatkach A.7–A.8.

#### 9.4.7.2. Separator węglowodorów niemietanowych

##### 9.4.7.2.1. Zastosowanie

Separator węglowodorów niemietanowych może być stosowany w połączeniu z analizatorem FID do pomiarów CH<sub>4</sub>. Separator węglowodorów niemietanowych utlenia wszystkie węglowodory niemietanowe do CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O. Separator węglowodorów niemietanowych może być stosowany w odniesieniu do spalin nierozcieńczonych lub rozcieńczonych przeznaczonych do okresowego lub ciągłego pobierania próbek.

##### 9.4.7.2.2. Sprawność układu

Sprawność separatora węglowodorów niemietanowych wyznacza się zgodnie z opisem w pkt 8.1.10.3, a wyniki wykorzystuje się do obliczeń NMHC z dodatków A.7 i A.8.

##### 9.4.7.2.3. Konfiguracja

Separator węglowodorów niemietanowych musi być wyposażony w linię bocznikową do celów weryfikacji opisanej w pkt 8.1.10.3.

## 9.4.7.2.4. Optymalizacja

Separator węglowodorów niemetanowych może zostać zoptymalizowany w celu maksymalnego zwiększenia przenikania  $\text{CH}_4$  i utleniania wszystkich pozostałych węglowodorów. W celu zoptymalizowania działania separatora próbka może być zwilżana lub rozcieńczana oczyszczonym powietrzem lub tlenem ( $\text{O}_2$ ) przed wprowadzeniem jej do separatora węglowodorów niemetanowych (w kierunku przeciwnym do przepływu). Wszelkie zwilżanie lub rozcieńczanie próbki należy uwzględnić w obliczeniach wielkości emisji.

## 9.4.7.3. Chromatograf gazowy

Zastosowanie: chromatograf gazowy może być używany do pomiaru stężeń  $\text{CH}_4$  w spalinach rozcieńczonych do celów okresowego pobierania próbek. Chociaż do pomiaru  $\text{CH}_4$  można też wykorzystywać separator węglowodorów niemetanowych, jak opisano w pkt 9.4.7.2, do celów porównania z alternatywną procedurą pomiarową proponowaną na podstawie pkt 5 stosuje się procedurę odniesienia w oparciu o chromatograf gazowy.1.3.

9.4.8. Pomiary  $\text{NO}_x$ 

Do pomiaru  $\text{NO}_x$  określono dwa przyrządy pomiarowe; można zastosować którykolwiek z nich, o ile spełnia on kryteria określone odpowiednio w pkt 9.4.8.1 lub 9.4.8.2. Detektor chemiluminescencyjny stosuje się jako procedurę odniesienia do celów porównania z alternatywną procedurą pomiarową proponowaną na podstawie pkt 5.1.3 niniejszego załącznika.

## 9.4.8.1. Detektor chemiluminescencyjny

## 9.4.8.1.1. Zastosowanie

Detektor chemiluminescencyjny (CLD) w połączeniu z konwerterem  $\text{NO}_2$  do  $\text{NO}$  stosuje się do pomiarów stężenia  $\text{NO}_x$  w spalinach nierozcieńczonych lub rozcieńczonych w odniesieniu do okresowego lub ciągłego pobierania próbek.

## 9.4.8.1.2. Wymagania dotyczące części

Układ oparty na CLD musi spełniać kryteria weryfikacji tłumienia z pkt 8.1.11.1. Analizator CLD może być grzany lub niegrzany i może pracować przy ciśnieniu atmosferycznym lub podciśnieniu.

9.4.8.1.3. Konwerter  $\text{NO}_2$  do  $\text{NO}$ 

Przed analizatorem CLD (w kierunku przeciwnym do przepływu) umieszcza się wewnętrzny lub zewnętrzny konwerter  $\text{NO}_2$  do  $\text{NO}$ , który spełnia kryteria weryfikacji określone w pkt 8.1.11.5, i wyposaża się go w linię boczną w celu ułatwienia takiej weryfikacji.

## 9.4.8.1.4. Wpływ wilgotności

Wszystkie temperatury analizatora CLD należy utrzymywać na poziomie uniemożliwiającym skraplanie w postaci roztworów wodnych. W celu usunięcia wilgoci z próbki przed analizatorem CLD (w kierunku przeciwnym do przepływu) należy zastosować jedną z następujących konfiguracji:

- a) analizator CLD jest podłączony za osuszaczem lub urządzeniem schładzającym (w kierunku przepływu), które z kolei znajdują się za konwerterem  $\text{NO}_2$  do  $\text{NO}$  (w kierunku przepływu), który spełnia kryteria weryfikacji z pkt 8.1.11.5;
- b) analizator CLD jest podłączony za osuszaczem lub termicznym urządzeniem schładzającym (w kierunku przepływu), które spełniają kryteria weryfikacji z pkt 8.1.11.4.

## 9.4.8.1.5. Czas odpowiedzi

Można zastosować grzany analizator CLD, aby poprawić czas odpowiedzi CLD.

## 9.4.8.2. Analizator typu niedispersyjnego działający na zasadzie pochłaniania promieniowania nadfioletowego

## 9.4.8.2.1. Zastosowanie

Analizator typu niedispersyjnego działający na zasadzie pochłaniania promieniowania nadfioletowego (NDUV) stosuje się do pomiarów stężenia  $\text{NO}_x$  w spalinach nierozcieńczonych lub rozcieńczonych w odniesieniu do okresowego lub ciągłego pobierania próbek.

## 9.4.8.2.2. Wymagania dotyczące części

Układ oparty na NDUV musi spełniać kryteria weryfikacji z pkt 8.1.11.3.

9.4.8.2.3. Konwerter  $\text{NO}_2$  do  $\text{NO}$ 

Jeżeli analizator NDUV mierzy tylko  $\text{NO}$ , to przed analizatorem NDUV (w kierunku przeciwnym do przepływu) umieszcza się wewnętrzny lub zewnętrzny konwerter  $\text{NO}_2$  do  $\text{NO}$ , który spełnia kryteria weryfikacji określone w pkt 8.1.11.5. Konwerter wyposaża się w linię boczną w celu ułatwienia takiej weryfikacji.

## 9.4.8.2.4. Wpływ wilgotności

Temperaturę analizatora NDUV należy utrzymywać na poziomie uniemożliwiającym skraplanie w postaci roztworów wodnych, chyba że zastosowano jedną z następujących konfiguracji:

- a) analizator NDUV jest podłączony za osuszaczem lub urządzeniem schładzającym (w kierunku przepływu), które z kolei znajdują się za konwerterem NO<sub>2</sub> do NO (w kierunku przepływu), który spełnia kryteria weryfikacji z pkt 8.1.11.5.;
- b) analizator NDUV jest podłączony za osuszaczem lub termicznym urządzeniem schładzającym (w kierunku przepływu), które spełniają kryteria weryfikacji z pkt 8.1.11.4.

9.4.9. Pomiary O<sub>2</sub>

Do pomiarów stężenia O<sub>2</sub> w spalinach nierozcieńczonych lub rozcieńczonych w odniesieniu do okresowego lub ciągłego pobierania próbek stosuje się analizator działający na zasadzie detekcji paramagnetycznej (PMD) lub detekcji magnetopneumatycznej (MPD).

## 9.4.10. Pomiary stosunku powietrza do paliwa

Do pomiaru stosunku powietrza do paliwa w spalinach nierozcieńczonych do próbkowania ciągłego stosuje się analizator oparty na dwutlenku cyrkonu (ZrO<sub>2</sub>). Pomiary O<sub>2</sub> w połączeniu z pomiarami przepływu powietrza dolotowego lub paliwa mogą być wykorzystywane do obliczania natężenia przepływu spalin zgodnie z dodatkami A.7–A.8.

## 9.4.11. Pomiary cząstek stałych przy użyciu wagi grawimetrycznej

Wagę stosuje się do określenia masy netto cząstek stałych zebranych na materiale filtracyjnym.

Minimalna wymagana rozdzielczość wagi wynosi nie więcej niż powtarzalność 0,5 mikrograma zalecana w tabeli 9.3. Jeżeli do rutynowego ustawiania zakresu pomiarowego i sprawdzania liniowości wykorzystywane są wewnętrzne odważniki wzorcujące wagi, to takie odważniki muszą spełniać wymagania pkt 9.5.2.

Wagę należy skonfigurować pod względem optymalnego czasu ustalania się i stabilności w miejscu jej położenia.

## 9.5. Gazy analityczne i wzorce masy

## 9.5.1. Gazy analityczne

Gazy analityczne muszą spełniać wymagania dotyczące dokładności i czystości określone w niniejszej sekcji.

## 9.5.1.1. Specyfikacje gazów:

Uwzględnić się następujące specyfikacje gazów:

- a) do zerowania przyrządów pomiarowych i mieszania z gazami wzorcowymi używa się gazów oczyszczonych. Używa się gazów o zanieczyszczeniu nie większym niż najwyższa z poniższych wartości, w odniesieniu do gazu w butli lub na wyjściu z generatora gazu zerowego:
  - (i) zanieczyszczenie 2 %, mierzone w odniesieniu do średniego stężenia przewidywanego dla wzorca. Na przykład jeżeli przewiduje się stężenie CO wynoszące 100,0 µmol/mol, to można zastosować gaz zerowy o zanieczyszczeniu CO nie większym niż 2,000 µmol/mol;
  - (ii) zanieczyszczenie określone w tabeli 9.4, przy pomiarach spalin nierozcieńczonych lub rozcieńczonych;
  - (iii) zanieczyszczenie określone w tabeli 9.5, przy pomiarach spalin nierozcieńczonych.

Tabela 9.4

**Wartości graniczne zanieczyszczeń mające zastosowanie do pomiarów spalin nierozcieńczonych lub rozcieńczonych [µmol/mol = ppm (3.2)]**

| Składnik                          | Oczyszczone powietrze syntetyczne <sup>(*)</sup> | Oczyszczony N <sub>2</sub> <sup>(*)</sup> |
|-----------------------------------|--|---|
| THC (równoważnik C <sub>1</sub> ) | ≤ 0,05 µmol/mol                                  | ≤ 0,05 µmol/mol                           |
| CO                                | ≤ 1 µmol/mol                                     | ≤ 1 µmol/mol                              |
| CO <sub>2</sub>                   | ≤ 10 µmol/mol                                    | ≤ 10 µmol/mol                             |
| O <sub>2</sub>                    | 0,205–0,215 mol/mol                              | ≤ 2 µmol/mol                              |
| NO <sub>x</sub>                   | ≤ 0,02 µmol/mol                                  | ≤ 0,02 µmol/mol                           |

(\*) Nie wymaga się, aby te stopnie czystości były zgodne z uznanymi normami międzynarodowymi lub krajowymi.



Tabela 9.5

**Wartości graniczne zanieczyszczeń mające zastosowanie do pomiarów spalin nierozcieńczonych [ $\mu\text{mol/mol}$  = ppm (3.2)]**

| Składnik                          | Oczyszczone powietrze syntetyczne <sup>(e)</sup> | Oczyszczony N <sub>2</sub> <sup>(e)</sup> |
|-----------------------------------|--|---|
| THC (równoważnik C <sub>1</sub> ) | ≤ 1 $\mu\text{mol/mol}$                          | ≤ 1 $\mu\text{mol/mol}$                   |
| CO                                | ≤ 1 $\mu\text{mol/mol}$                          | ≤ 1 $\mu\text{mol/mol}$                   |
| CO <sub>2</sub>                   | ≤ 400 $\mu\text{mol/mol}$                        | ≤ 400 $\mu\text{mol/mol}$                 |
| O <sub>2</sub>                    | 0,18–0,21 mol/mol                                | —   |
| NO <sub>x</sub>                   | ≤ 0,1 $\mu\text{mol/mol}$                        | ≤ 0,1 $\mu\text{mol/mol}$                 |

(e) Nie wymaga się, aby te stopnie czystości były zgodne z uznanymi normami międzynarodowymi lub krajowymi.

- b) z analizatorem FID stosuje się następujące gazy:
- (i) stosuje się paliwo FID o stężeniu H<sub>2</sub> wynoszącym (od 0,39 do 0,41) mol/mol, dopełnienie He. Mieszanina ta nie może zawierać więcej niż 0,05  $\mu\text{mol/mol}$  THC;
  - (ii) stosuje się powietrze do palnika FID, które spełnia kryteria dla powietrza oczyszczonego określone w lit. a) niniejszego punktu;
  - (iii) gaz zerowy FID. Detektory płomieniowo-jonizacyjne zeruje się przy użyciu gazu oczyszczonego spełniającego wymagania lit. a) niniejszego punktu, z tym że stężenie O<sub>2</sub> w oczyszczonym gazie może być dowolne;
  - (iv) gaz wzorcowy do ustawiania zakresu pomiarowego FID zawierający propan. Ustawianie zakresu pomiarowego i wzorcowanie analizatora FID THC wykonuje się przy użyciu stężeń zakresowych propanu, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>. Analizator wzorcuje się na podstawie liczby atomów węgla równej jeden (C<sub>1</sub>);
  - (v) gaz wzorcowy do ustawiania zakresu FID zawierający metan. Jeżeli wzorcowanie i ustawianie zakresu pomiarowego analizatora FID do pomiaru CH<sub>4</sub> wykonuje się zawsze razem z separatorem węglowodorów niemietanowych, to ustawianie zakresu pomiarowego i wzorcowanie analizatora FID wykonuje się przy użyciu stężeń zakresowych metanu, CH<sub>4</sub>. Analizator wzorcuje się na podstawie liczby atomów węgla równej jeden (C<sub>1</sub>);
- c) stosuje się następujące mieszaniny gazów, przy czym gazy muszą być zgodne w granicach  $\pm 1,0\%$  z uznanymi normami międzynarodowymi lub krajowymi w odniesieniu do wartości rzeczywistej lub z innymi zatwierdzonymi normami dla gazów;
- (i) CH<sub>4</sub>, dopełnienie: oczyszczone powietrze syntetyczne lub N<sub>2</sub> (odpowiednio);
  - (ii) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, dopełnienie: oczyszczone powietrze syntetyczne lub N<sub>2</sub> (odpowiednio);
  - (iii) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, dopełnienie: oczyszczone powietrze syntetyczne lub N<sub>2</sub> (odpowiednio);
  - (iv) CO, dopełnienie: oczyszczony N<sub>2</sub>;
  - (v) CO<sub>2</sub>, dopełnienie: oczyszczony N<sub>2</sub>;
  - (vi) NO, dopełnienie: oczyszczony N<sub>2</sub>;
  - (vii) NO<sub>2</sub>, dopełnienie: oczyszczone powietrze syntetyczne;
  - (viii) O<sub>2</sub>, dopełnienie: oczyszczony N<sub>2</sub>;
  - (ix) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO, dopełnienie: oczyszczony N<sub>2</sub>;
  - (x) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO, dopełnienie: oczyszczony N<sub>2</sub>;
- d) mogą być stosowane gazy innego rodzaju niż te wymienione w lit. c) niniejszego punktu (np. metanol w powietrzu, który może być stosowany do wyznaczania współczynników odpowiedzi), o ile są zgodne w granicach  $\pm 3,0\%$  z uznanymi normami międzynarodowymi lub krajowymi w odniesieniu do wartości rzeczywistej i spełniają wymagania dotyczące stabilności z pkt 9.5.1.2;

e) można wytworzyć własne gazy wzorcowe przy użyciu precyzyjnego urządzenia do mieszania, na przykład rozdzielacza gazów, w celu rozcieńczenia gazów oczyszczonym  $N_2$  lub oczyszczonym powietrzem syntetycznym. Jeżeli rozdzielacze gazów spełniają specyfikacje z pkt 9.4.5.6, a mieszane gazy spełniają wymagania lit. a) i c) niniejszego punktu, to otrzymane mieszaniny uznaje się za spełniające wymagania niniejszego pkt 9.5.1.1.

9.5.1.2. Stężenie i data ważności

Należy odnotować stężenie gazu wzorcowego i jego datę ważności określone przez dostawcę gazu.

- a) Nie można używać gazu wzorcowego po upływie jego daty ważności, chyba że jest to dozwolone na podstawie lit. b) poniżej.
- b) gazy wzorcowe można ponownie oznakować i stosować po upływie ich daty ważności za uprzednią zgodą organu udzielającego homologacji typu.

9.5.1.3. Przesył gazów

Przesył gazów od źródła do analizatorów musi się odbywać przy użyciu części, które są przeznaczone do regulowania i przesyłania tylko danych rodzajów gazów.

Należy przestrzegać maksymalnego okresu przechowywania wszystkich gazów wzorcowych. Należy zapisać datę upływu okresu ważności gazów wzorcowych podaną przez producenta.

9.5.2. Wzorce masy

Stosuje się odważniki wzorcowe do wagi cząstek stałych, które są certyfikowane jako zgodne z uznanymi normami międzynarodowymi lub krajowymi przy poziomie niepewności 0,1 %. Odważniki wzorcowe mogą być certyfikowane przez dowolne laboratorium wzorcujące, które stosuje uznane normy międzynarodowe lub krajowe. Należy dopilnować, aby masa najmniejszego odważnika wzorcowego wynosiła nie więcej niż dziesięciokrotność masy nieużywanego nośnika do próbek cząstek stałych. W sprawozdaniu z wzorcowania należy również podać gęstość odważników.

---

Dodatek A.1

(Zastrzeżone)

---

## Dodatek A.2

## Dane statystyczne

## A.2.1. Średnia arytmetyczna

Średnią arytmetyczną,  $\bar{y}$ , oblicza się w następujący sposób:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (\text{A.2-1})$$

## A.2.2. Odchylenie standardowe

Odchylenie standardowe dla próbki nieobciążonej (np.  $N-1$ ),  $\sigma_y$ , oblicza się w następujący sposób:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{(N - 1)}} \quad (\text{A.2-2})$$

## A.2.3. Wartość średnia kwadratowa

Wartość średnią kwadratową,  $rms_y$ , oblicza się w następujący sposób:

$$rms_y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2} \quad (\text{A.2-3})$$

## A.2.4. Test t

Sprawdza się, czy dane przechodzą test t, przy użyciu następujących równań i tabel:

a) w przypadku niesparowanego testu t oblicza się wielkość t i liczbę jej stopni swobody  $\nu$  w następujący sposób:

$$t = \frac{|\bar{y}_{ref} - \bar{y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \quad (\text{A.2-4})$$

$$\nu = \frac{\left(\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{(\sigma_{ref}^2/N_{ref})^2}{N_{ref} - 1} + \frac{(\sigma_y^2/N)^2}{N - 1}} \quad (\text{A.2-5})$$

b) w przypadku sparowanego testu t oblicza się wielkość t i liczbę jej stopni swobody  $\nu$  w następujący sposób, przy czym  $\epsilon_i$  to błędy (np. różnice) pomiędzy każdą parą  $y_{refi}$  i  $y_i$ :

$$t = \frac{|\bar{\epsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_{\epsilon}} \quad \nu = N - 1 \quad (\text{A.2-6})$$

c) stosuje się tabelę A.2.1 z niniejszego punktu w celu porównania t ze tabelaryzowanymi wartościami  $t_{crit}$  w zależności od liczby stopni swobody. Jeżeli wartość t jest mniejsza niż  $t_{crit}$ , to t przechodzi test t.

Tabela A.2.1

## Wartości krytyczne t w zależności od liczby stopni swobody n

| n | Ufność |        |
|---|--------|--------|
|   | 90 %   | 95 %   |
| 1 | 6,314  | 12,706 |
| 2 | 2,920  | 4,303  |
| 3 | 2,353  | 3,182  |
| 4 | 2,132  | 2,776  |
| 5 | 2,015  | 2,571  |
| 6 | 1,943  | 2,447  |
| 7 | 1,895  | 2,365  |

| n     | Ufność |       |
|-------|--------|-------|
|       | 90 %   | 95 %  |
| 8     | 1,860  | 2,306 |
| 9     | 1,833  | 2,262 |
| 10    | 1,812  | 2,228 |
| 11    | 1,796  | 2,201 |
| 12    | 1,782  | 2,179 |
| 13    | 1,771  | 2,160 |
| 14    | 1,761  | 2,145 |
| 15    | 1,753  | 2,131 |
| 16    | 1,746  | 2,120 |
| 18    | 1,734  | 2,101 |
| 20    | 1,725  | 2,086 |
| 22    | 1,717  | 2,074 |
| 24    | 1,711  | 2,064 |
| 26    | 1,706  | 2,056 |
| 28    | 1,701  | 2,048 |
| 30    | 1,697  | 2,042 |
| 35    | 1,690  | 2,030 |
| 40    | 1,684  | 2,021 |
| 50    | 1,676  | 2,009 |
| 70    | 1,667  | 1,994 |
| 100   | 1,660  | 1,984 |
| 1000+ | 1,645  | 1,960 |

W celu określenia wartości nieuwzględnionych powyżej stosuje się interpolację liniową.

#### A.2.5. Test F

Wielkość  $F$  oblicza się w następujący sposób:

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ref}}^2} \quad (\text{A.2-7})$$

- a) w przypadku testu  $F$  o poziomie ufności 90 % do celów porównania  $F$  ze stabilizowanymi wartościami  $F_{\text{crit}90}$  w zależności od  $(N-1)$  i  $(N_{\text{ref}}-1)$  stosuje się tabelę 2 z niniejszego punktu. Jeżeli  $F$  jest mniejsze niż  $F_{\text{crit}90}$ , to  $F$  przechodzi test  $F$  z poziomem ufności 90 %;
- b) w przypadku testu  $F$  o poziomie ufności 95 % do celów porównania  $F$  ze stabilizowanymi wartościami  $F_{\text{crit}95}$  w zależności od  $(N-1)$  i  $(N_{\text{ref}}-1)$  stosuje się tabelę 3 z niniejszego punktu. Jeżeli  $F$  jest mniejsze niż  $F_{\text{crit}95}$ , to  $F$  przechodzi test  $F$  z poziomem ufności 95 %.

Tabela A.2.2

#### Wartości krytyczne $F$ , $F_{\text{crit}90}$ , w zależności od $N-1$ i $N_{\text{ref}}-1$ przy ufności 90 %

| N-1                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 12    | 15    | 20    | 24    | 30    | 40    | 60    | 120   | 1 000+ |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $N_{\text{ref}}-1$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| 1                  | 39,86 | 49,50 | 53,59 | 55,83 | 57,24 | 58,20 | 58,90 | 59,43 | 59,85 | 60,19 | 60,70 | 61,22 | 61,74 | 62,00 | 62,26 | 62,52 | 62,79 | 63,06 | 63,32  |
| 2                  | 8,526 | 9,000 | 9,162 | 9,243 | 9,293 | 9,326 | 9,349 | 9,367 | 9,381 | 9,392 | 9,408 | 9,425 | 9,441 | 9,450 | 9,458 | 9,466 | 9,475 | 9,483 | 9,491  |
| 3                  | 5,538 | 5,462 | 5,391 | 5,343 | 5,309 | 5,285 | 5,266 | 5,252 | 5,240 | 5,230 | 5,216 | 5,200 | 5,184 | 5,176 | 5,168 | 5,160 | 5,151 | 5,143 | 5,134  |

| N-1    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 12    | 15    | 20    | 24    | 30    | 40    | 60    | 120   | 1 000+ |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 4      | 4,545 | 4,325 | 4,191 | 4,107 | 4,051 | 4,010 | 3,979 | 3,955 | 3,936 | 3,920 | 3,896 | 3,870 | 3,844 | 3,831 | 3,817 | 3,804 | 3,790 | 3,775 | 3,761  |
| 5      | 4,060 | 3,780 | 3,619 | 3,520 | 3,453 | 3,405 | 3,368 | 3,339 | 3,316 | 3,297 | 3,268 | 3,238 | 3,207 | 3,191 | 3,174 | 3,157 | 3,140 | 3,123 | 3,105  |
| 6      | 3,776 | 3,463 | 3,289 | 3,181 | 3,108 | 3,055 | 3,014 | 2,983 | 2,958 | 2,937 | 2,905 | 2,871 | 2,836 | 2,818 | 2,800 | 2,781 | 2,762 | 2,742 | 2,722  |
| 7      | 3,589 | 3,257 | 3,074 | 2,961 | 2,883 | 2,827 | 2,785 | 2,752 | 2,725 | 2,703 | 2,668 | 2,632 | 2,595 | 2,575 | 2,555 | 2,535 | 2,514 | 2,493 | 2,471  |
| 8      | 3,458 | 3,113 | 2,924 | 2,806 | 2,726 | 2,668 | 2,624 | 2,589 | 2,561 | 2,538 | 2,502 | 2,464 | 2,425 | 2,404 | 2,383 | 2,361 | 2,339 | 2,316 | 2,293  |
| 9      | 3,360 | 3,006 | 2,813 | 2,693 | 2,611 | 2,551 | 2,505 | 2,469 | 2,440 | 2,416 | 2,379 | 2,340 | 2,298 | 2,277 | 2,255 | 2,232 | 2,208 | 2,184 | 2,159  |
| 10     | 3,285 | 2,924 | 2,728 | 2,605 | 2,522 | 2,461 | 2,414 | 2,377 | 2,347 | 2,323 | 2,284 | 2,244 | 2,201 | 2,178 | 2,155 | 2,132 | 2,107 | 2,082 | 2,055  |
| 11     | 3,225 | 2,860 | 2,660 | 2,536 | 2,451 | 2,389 | 2,342 | 2,304 | 2,274 | 2,248 | 2,209 | 2,167 | 2,123 | 2,100 | 2,076 | 2,052 | 2,026 | 2,000 | 1,972  |
| 12     | 3,177 | 2,807 | 2,606 | 2,480 | 2,394 | 2,331 | 2,283 | 2,245 | 2,214 | 2,188 | 2,147 | 2,105 | 2,060 | 2,036 | 2,011 | 1,986 | 1,960 | 1,932 | 1,904  |
| 13     | 3,136 | 2,763 | 2,560 | 2,434 | 2,347 | 2,283 | 2,234 | 2,195 | 2,164 | 2,138 | 2,097 | 2,053 | 2,007 | 1,983 | 1,958 | 1,931 | 1,904 | 1,876 | 1,846  |
| 14     | 3,102 | 2,726 | 2,522 | 2,395 | 2,307 | 2,243 | 2,193 | 2,154 | 2,122 | 2,095 | 2,054 | 2,010 | 1,962 | 1,938 | 1,912 | 1,885 | 1,857 | 1,828 | 1,797  |
| 15     | 3,073 | 2,695 | 2,490 | 2,361 | 2,273 | 2,208 | 2,158 | 2,119 | 2,086 | 2,059 | 2,017 | 1,972 | 1,924 | 1,899 | 1,873 | 1,845 | 1,817 | 1,787 | 1,755  |
| 16     | 3,048 | 2,668 | 2,462 | 2,333 | 2,244 | 2,178 | 2,128 | 2,088 | 2,055 | 2,028 | 1,985 | 1,940 | 1,891 | 1,866 | 1,839 | 1,811 | 1,782 | 1,751 | 1,718  |
| 17     | 3,026 | 2,645 | 2,437 | 2,308 | 2,218 | 2,152 | 2,102 | 2,061 | 2,028 | 2,001 | 1,958 | 1,912 | 1,862 | 1,836 | 1,809 | 1,781 | 1,751 | 1,719 | 1,686  |
| 18     | 3,007 | 2,624 | 2,416 | 2,286 | 2,196 | 2,130 | 2,079 | 2,038 | 2,005 | 1,977 | 1,933 | 1,887 | 1,837 | 1,810 | 1,783 | 1,754 | 1,723 | 1,691 | 1,657  |
| 19     | 2,990 | 2,606 | 2,397 | 2,266 | 2,176 | 2,109 | 2,058 | 2,017 | 1,984 | 1,956 | 1,912 | 1,865 | 1,814 | 1,787 | 1,759 | 1,730 | 1,699 | 1,666 | 1,631  |
| 20     | 2,975 | 2,589 | 2,380 | 2,249 | 2,158 | 2,091 | 2,040 | 1,999 | 1,965 | 1,937 | 1,892 | 1,845 | 1,794 | 1,767 | 1,738 | 1,708 | 1,677 | 1,643 | 1,607  |
| 21     | 2,961 | 2,575 | 2,365 | 2,233 | 2,142 | 2,075 | 2,023 | 1,982 | 1,948 | 1,920 | 1,875 | 1,827 | 1,776 | 1,748 | 1,719 | 1,689 | 1,657 | 1,623 | 1,586  |
| 20     | 2,949 | 2,561 | 2,351 | 2,219 | 2,128 | 2,061 | 2,008 | 1,967 | 1,933 | 1,904 | 1,859 | 1,811 | 1,759 | 1,731 | 1,702 | 1,671 | 1,639 | 1,604 | 1,567  |
| 23     | 2,937 | 2,549 | 2,339 | 2,207 | 2,115 | 2,047 | 1,995 | 1,953 | 1,919 | 1,890 | 1,845 | 1,796 | 1,744 | 1,716 | 1,686 | 1,655 | 1,622 | 1,587 | 1,549  |
| 24     | 2,927 | 2,538 | 2,327 | 2,195 | 2,103 | 2,035 | 1,983 | 1,941 | 1,906 | 1,877 | 1,832 | 1,783 | 1,730 | 1,702 | 1,672 | 1,641 | 1,607 | 1,571 | 1,533  |
| 25     | 2,918 | 2,528 | 2,317 | 2,184 | 2,092 | 2,024 | 1,971 | 1,929 | 1,895 | 1,866 | 1,820 | 1,771 | 1,718 | 1,689 | 1,659 | 1,627 | 1,593 | 1,557 | 1,518  |
| 26     | 2,909 | 2,519 | 2,307 | 2,174 | 2,082 | 2,014 | 1,961 | 1,919 | 1,884 | 1,855 | 1,809 | 1,760 | 1,706 | 1,677 | 1,647 | 1,615 | 1,581 | 1,544 | 1,504  |
| 27     | 2,901 | 2,511 | 2,299 | 2,165 | 2,073 | 2,005 | 1,952 | 1,909 | 1,874 | 1,845 | 1,799 | 1,749 | 1,695 | 1,666 | 1,636 | 1,603 | 1,569 | 1,531 | 1,491  |
| 28     | 2,894 | 2,503 | 2,291 | 2,157 | 2,064 | 1,996 | 1,943 | 1,900 | 1,865 | 1,836 | 1,790 | 1,740 | 1,685 | 1,656 | 1,625 | 1,593 | 1,558 | 1,520 | 1,478  |
| 29     | 2,887 | 2,495 | 2,283 | 2,149 | 2,057 | 1,988 | 1,935 | 1,892 | 1,857 | 1,827 | 1,781 | 1,731 | 1,676 | 1,647 | 1,616 | 1,583 | 1,547 | 1,509 | 1,467  |
| 30     | 2,881 | 2,489 | 2,276 | 2,142 | 2,049 | 1,980 | 1,927 | 1,884 | 1,849 | 1,819 | 1,773 | 1,722 | 1,667 | 1,638 | 1,606 | 1,573 | 1,538 | 1,499 | 1,456  |
| 40     | 2,835 | 2,440 | 2,226 | 2,091 | 1,997 | 1,927 | 1,873 | 1,829 | 1,793 | 1,763 | 1,715 | 1,662 | 1,605 | 1,574 | 1,541 | 1,506 | 1,467 | 1,425 | 1,377  |
| 60     | 2,791 | 2,393 | 2,177 | 2,041 | 1,946 | 1,875 | 1,819 | 1,775 | 1,738 | 1,707 | 1,657 | 1,603 | 1,543 | 1,511 | 1,476 | 1,437 | 1,395 | 1,348 | 1,291  |
| 120    | 2,748 | 2,347 | 2,130 | 1,992 | 1,896 | 1,824 | 1,767 | 1,722 | 1,684 | 1,652 | 1,601 | 1,545 | 1,482 | 1,447 | 1,409 | 1,368 | 1,320 | 1,265 | 1,193  |
| 1 000+ | 2,706 | 2,303 | 2,084 | 1,945 | 1,847 | 1,774 | 1,717 | 1,670 | 1,632 | 1,599 | 1,546 | 1,487 | 1,421 | 1,383 | 1,342 | 1,295 | 1,240 | 1,169 | 1,000  |

Tabela A.2.3

Wartości krytyczne  $F$ ,  $F_{\text{crit}95}$ , w zależności od  $N-1$  i  $N_{\text{ref}}-1$  przy ufności 95 %

| N-1                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 12    | 15    | 20    | 24    | 30    | 40    | 60    | 120   | 1 000+ |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $N_{\text{ref}}-1$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| 1                  | 161,4 | 199,5 | 215,7 | 224,5 | 230,1 | 233,9 | 236,7 | 238,8 | 240,5 | 241,8 | 243,9 | 245,9 | 248,0 | 249,0 | 250,1 | 251,1 | 252,2 | 253,2 | 254,3  |

| N-1    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 12    | 15    | 20    | 24    | 30    | 40    | 60    | 120   | 1 000+ |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 2      | 18,51 | 19,00 | 19,16 | 19,24 | 19,29 | 19,33 | 19,35 | 19,37 | 19,38 | 19,39 | 19,41 | 19,42 | 19,44 | 19,45 | 19,46 | 19,47 | 19,47 | 19,48 | 19,49  |
| 3      | 10,12 | 9,552 | 9,277 | 9,117 | 9,014 | 8,941 | 8,887 | 8,845 | 8,812 | 8,786 | 8,745 | 8,703 | 8,660 | 8,639 | 8,617 | 8,594 | 8,572 | 8,549 | 8,526  |
| 4      | 7,709 | 6,944 | 6,591 | 6,388 | 6,256 | 6,163 | 6,094 | 6,041 | 5,999 | 5,964 | 5,912 | 5,858 | 5,803 | 5,774 | 5,746 | 5,717 | 5,688 | 5,658 | 5,628  |
| 5      | 6,608 | 5,786 | 5,410 | 5,192 | 5,050 | 4,950 | 4,876 | 4,818 | 4,773 | 4,735 | 4,678 | 4,619 | 4,558 | 4,527 | 4,496 | 4,464 | 4,431 | 4,399 | 4,365  |
| 6      | 5,987 | 5,143 | 4,757 | 4,534 | 4,387 | 4,284 | 4,207 | 4,147 | 4,099 | 4,060 | 4,000 | 3,938 | 3,874 | 3,842 | 3,808 | 3,774 | 3,740 | 3,705 | 3,669  |
| 7      | 5,591 | 4,737 | 4,347 | 4,120 | 3,972 | 3,866 | 3,787 | 3,726 | 3,677 | 3,637 | 3,575 | 3,511 | 3,445 | 3,411 | 3,376 | 3,340 | 3,304 | 3,267 | 3,230  |
| 8      | 5,318 | 4,459 | 4,066 | 3,838 | 3,688 | 3,581 | 3,501 | 3,438 | 3,388 | 3,347 | 3,284 | 3,218 | 3,150 | 3,115 | 3,079 | 3,043 | 3,005 | 2,967 | 2,928  |
| 9      | 5,117 | 4,257 | 3,863 | 3,633 | 3,482 | 3,374 | 3,293 | 3,230 | 3,179 | 3,137 | 3,073 | 3,006 | 2,937 | 2,901 | 2,864 | 2,826 | 2,787 | 2,748 | 2,707  |
| 10     | 4,965 | 4,103 | 3,708 | 3,478 | 3,326 | 3,217 | 3,136 | 3,072 | 3,020 | 2,978 | 2,913 | 2,845 | 2,774 | 2,737 | 2,700 | 2,661 | 2,621 | 2,580 | 2,538  |
| 11     | 4,844 | 3,982 | 3,587 | 3,357 | 3,204 | 3,095 | 3,012 | 2,948 | 2,896 | 2,854 | 2,788 | 2,719 | 2,646 | 2,609 | 2,571 | 2,531 | 2,490 | 2,448 | 2,405  |
| 12     | 4,747 | 3,885 | 3,490 | 3,259 | 3,106 | 2,996 | 2,913 | 2,849 | 2,796 | 2,753 | 2,687 | 2,617 | 2,544 | 2,506 | 2,466 | 2,426 | 2,384 | 2,341 | 2,296  |
| 13     | 4,667 | 3,806 | 3,411 | 3,179 | 3,025 | 2,915 | 2,832 | 2,767 | 2,714 | 2,671 | 2,604 | 2,533 | 2,459 | 2,420 | 2,380 | 2,339 | 2,297 | 2,252 | 2,206  |
| 14     | 4,600 | 3,739 | 3,344 | 3,112 | 2,958 | 2,848 | 2,764 | 2,699 | 2,646 | 2,602 | 2,534 | 2,463 | 2,388 | 2,349 | 2,308 | 2,266 | 2,223 | 2,178 | 2,131  |
| 15     | 4,543 | 3,682 | 3,287 | 3,056 | 2,901 | 2,791 | 2,707 | 2,641 | 2,588 | 2,544 | 2,475 | 2,403 | 2,328 | 2,288 | 2,247 | 2,204 | 2,160 | 2,114 | 2,066  |
| 16     | 4,494 | 3,634 | 3,239 | 3,007 | 2,852 | 2,741 | 2,657 | 2,591 | 2,538 | 2,494 | 2,425 | 2,352 | 2,276 | 2,235 | 2,194 | 2,151 | 2,106 | 2,059 | 2,010  |
| 17     | 4,451 | 3,592 | 3,197 | 2,965 | 2,810 | 2,699 | 2,614 | 2,548 | 2,494 | 2,450 | 2,381 | 2,308 | 2,230 | 2,190 | 2,148 | 2,104 | 2,058 | 2,011 | 1,960  |
| 18     | 4,414 | 3,555 | 3,160 | 2,928 | 2,773 | 2,661 | 2,577 | 2,510 | 2,456 | 2,412 | 2,342 | 2,269 | 2,191 | 2,150 | 2,107 | 2,063 | 2,017 | 1,968 | 1,917  |
| 19     | 4,381 | 3,522 | 3,127 | 2,895 | 2,740 | 2,628 | 2,544 | 2,477 | 2,423 | 2,378 | 2,308 | 2,234 | 2,156 | 2,114 | 2,071 | 2,026 | 1,980 | 1,930 | 1,878  |
| 20     | 4,351 | 3,493 | 3,098 | 2,866 | 2,711 | 2,599 | 2,514 | 2,447 | 2,393 | 2,348 | 2,278 | 2,203 | 2,124 | 2,083 | 2,039 | 1,994 | 1,946 | 1,896 | 1,843  |
| 21     | 4,325 | 3,467 | 3,073 | 2,840 | 2,685 | 2,573 | 2,488 | 2,421 | 2,366 | 2,321 | 2,250 | 2,176 | 2,096 | 2,054 | 2,010 | 1,965 | 1,917 | 1,866 | 1,812  |
| 22     | 4,301 | 3,443 | 3,049 | 2,817 | 2,661 | 2,549 | 2,464 | 2,397 | 2,342 | 2,297 | 2,226 | 2,151 | 2,071 | 2,028 | 1,984 | 1,938 | 1,889 | 1,838 | 1,783  |
| 23     | 4,279 | 3,422 | 3,028 | 2,796 | 2,640 | 2,528 | 2,442 | 2,375 | 2,320 | 2,275 | 2,204 | 2,128 | 2,048 | 2,005 | 1,961 | 1,914 | 1,865 | 1,813 | 1,757  |
| 24     | 4,260 | 3,403 | 3,009 | 2,776 | 2,621 | 2,508 | 2,423 | 2,355 | 2,300 | 2,255 | 2,183 | 2,108 | 2,027 | 1,984 | 1,939 | 1,892 | 1,842 | 1,790 | 1,733  |
| 25     | 4,242 | 3,385 | 2,991 | 2,759 | 2,603 | 2,490 | 2,405 | 2,337 | 2,282 | 2,237 | 2,165 | 2,089 | 2,008 | 1,964 | 1,919 | 1,872 | 1,822 | 1,768 | 1,711  |
| 26     | 4,225 | 3,369 | 2,975 | 2,743 | 2,587 | 2,474 | 2,388 | 2,321 | 2,266 | 2,220 | 2,148 | 2,072 | 1,990 | 1,946 | 1,901 | 1,853 | 1,803 | 1,749 | 1,691  |
| 27     | 4,210 | 3,354 | 2,960 | 2,728 | 2,572 | 2,459 | 2,373 | 2,305 | 2,250 | 2,204 | 2,132 | 2,056 | 1,974 | 1,930 | 1,884 | 1,836 | 1,785 | 1,731 | 1,672  |
| 28     | 4,196 | 3,340 | 2,947 | 2,714 | 2,558 | 2,445 | 2,359 | 2,291 | 2,236 | 2,190 | 2,118 | 2,041 | 1,959 | 1,915 | 1,869 | 1,820 | 1,769 | 1,714 | 1,654  |
| 29     | 4,183 | 3,328 | 2,934 | 2,701 | 2,545 | 2,432 | 2,346 | 2,278 | 2,223 | 2,177 | 2,105 | 2,028 | 1,945 | 1,901 | 1,854 | 1,806 | 1,754 | 1,698 | 1,638  |
| 30     | 4,171 | 3,316 | 2,922 | 2,690 | 2,534 | 2,421 | 2,334 | 2,266 | 2,211 | 2,165 | 2,092 | 2,015 | 1,932 | 1,887 | 1,841 | 1,792 | 1,740 | 1,684 | 1,622  |
| 40     | 4,085 | 3,232 | 2,839 | 2,606 | 2,450 | 2,336 | 2,249 | 2,180 | 2,124 | 2,077 | 2,004 | 1,925 | 1,839 | 1,793 | 1,744 | 1,693 | 1,637 | 1,577 | 1,509  |
| 60     | 4,001 | 3,150 | 2,758 | 2,525 | 2,368 | 2,254 | 2,167 | 2,097 | 2,040 | 1,993 | 1,917 | 1,836 | 1,748 | 1,700 | 1,649 | 1,594 | 1,534 | 1,467 | 1,389  |
| 120    | 3,920 | 3,072 | 2,680 | 2,447 | 2,290 | 2,175 | 2,087 | 2,016 | 1,959 | 1,911 | 1,834 | 1,751 | 1,659 | 1,608 | 1,554 | 1,495 | 1,429 | 1,352 | 1,254  |
| 1 000+ | 3,842 | 2,996 | 2,605 | 2,372 | 2,214 | 2,099 | 2,010 | 1,938 | 1,880 | 1,831 | 1,752 | 1,666 | 1,571 | 1,517 | 1,459 | 1,394 | 1,318 | 1,221 | 1,000  |

## A.2.6. Nachylenie

Nachylenie regresji metodą najmniejszych kwadratów,  $a_{1y}$ , oblicza się w następujący sposób:

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}) \cdot (y_{refi} - \bar{y}_{ref})}{\sum_{i=1}^N (y_{refi} - \bar{y}_{ref})^2} \quad (\text{A.2-8})$$

## A.2.7. Punkt przecięcia

Punkt przecięcia linii regresji metodą najmniejszych kwadratów,  $a_{0y}$ , oblicza się w następujący sposób:

$$a_{0y} = \bar{y} - (a_{1y} \cdot \bar{y}_{ref}) \quad (\text{A.2-9})$$

## A.2.8. Standardowy błąd szacunku

Standardowy błąd szacunku,  $SEE_y$ , oblicza się w następujący sposób:

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})]^2}{N - 2}} \quad (\text{A.2-10})$$

## A.2.9. Współczynnik determinacji

Współczynnik determinacji,  $r_y^2$ , oblicza się w następujący sposób:

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{refi})]^2}{\sum_{i=1}^N [y_i - \bar{y}]^2} \quad (\text{A.2-11})$$

## Dodatek A.3

**Międzynarodowy wzór na przyciąganie z 1980 r.**

Przyciąganie ziemskie,  $a_g$ , zależy od położenia i wartość  $a_g$  oblicza się dla danej szerokości geograficznej w następujący sposób:

$$a_g = 9,7803267715 [1 + 5,2790414 \times 10^{-3} \sin^2 \vartheta + 2,32718 \times 10^{-5} \sin^4 \vartheta + 1,262 \times 10^{-7} \sin^6 \vartheta + 7 \times 10^{-10} \sin^8 \vartheta] \quad (\text{A.3-1})$$

gdzie:

$\vartheta$  = stopnie szerokości geograficznej północnej lub południowej

## Dodatek A.4

**Sprawdzenie przepływu węgla**

## A.4.1. Wprowadzenie

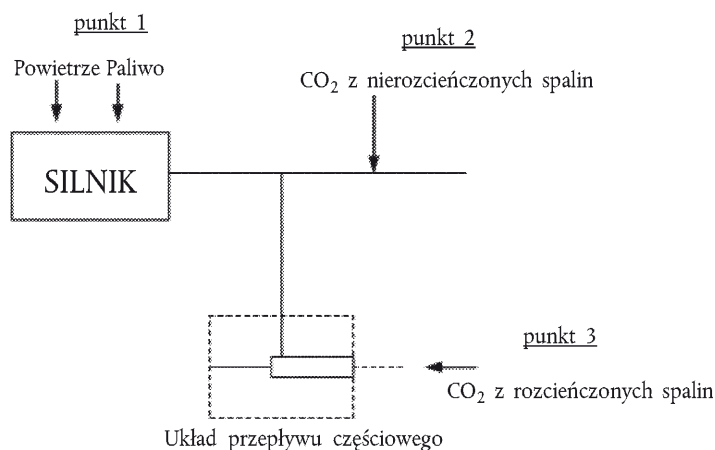
Tylko niewielka część węgla w spalinach pochodzi z paliwa, z czego minimalna część pojawia się w spalinach jako CO<sub>2</sub>. Stanowi to podstawę kontroli układu w oparciu o pomiar CO<sub>2</sub>.

Przepływ węgla w układach pomiaru spalin oznaczany jest na podstawie natężenia przepływu paliwa. Przepływ węgla w różnych punktach układu próbkowania emisji gazowych i cząstek stałych oznacza się ze stężenia CO<sub>2</sub> oraz natężeń przepływu gazów w tych punktach.

Ponieważ silnik jest znanym źródłem przepływu węgla, obserwując ten przepływ w rurze wydechowej oraz na wylocie układu próbkowania cząstek stałych z przepływu częściowego, można zweryfikować szczelność i dokładność pomiaru przepływu. Kontrola taka ma tę zaletę, że składniki pracują w rzeczywistych warunkach badania silnika pod względem temperatury i przepływu.

Rysunek A.4.1 pokazuje punkty próbkowania, w których sprawdza się przepływ węgla. Równania do obliczania przepływu węgla w każdym z punktów próbkowania zamieszczono w punktach poniżej.

Rysunek A.4.1

**Punkty pomiarowe do kontroli przepływu węgla**

## A.4.2. Natężenie przepływu węgla do silnika (lokalizacja 1)

Masowe natężenie przepływu węgla do silnika  $q_{mCf}$  [kg/s] dla paliwa CH<sub>a</sub>O<sub>ε</sub> określa wzór:

$$q_{mCf} = \frac{12.011}{12.011 + a + 15.9994 \cdot \varepsilon} \cdot q_{mf} \quad (\text{A.4-1})$$

gdzie:

$q_{mf}$  = masowe natężenie przepływu paliwa [kg/s]

## A.4.3. Natężenie przepływu węgla w spalinach nierozcieńczonych (lokalizacja 2)

Masowe natężenie przepływu węgla w rurze wydechowej silnika  $q_{mCe}$  [kg/s] wyznacza się ze stężenia CO<sub>2</sub> w spalinach nierozcieńczonych oraz z masowego natężenia przepływu spalin:

$$q_{mCe} = \left( \frac{c_{CO_2,r} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12.011}{M_e} \quad (\text{A.4-2})$$



gdzie:

$c_{\text{CO}_2,r}$  = stężenie  $\text{CO}_2$  w spalinach nierozcieńczonych w stanie mokrym [%]

$c_{\text{CO}_2,a}$  = stężenie  $\text{CO}_2$  w powietrzu otaczającym, w stanie mokrym [%]

$q_{mew}$  = masowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym [kg/s]

$M_e$  = masa molowa spalin [g/mol]

Jeżeli stężenie  $\text{CO}_2$  zostało zmierzone w stanie suchym, należy je przeliczyć na stężenie w stanie mokrym zgodnie z pkt A.7.3.2 lub A.8.2.2.

#### A.4.4. Natężenie przepływu węgla w układzie rozcieńczania (lokalizacja 3)

W przypadku układu rozcieńczania przepływu częściowego należy również uwzględnić stosunek rozdzielania. Natężenie przepływu węgla w równoważnym układzie rozcieńczania  $q_{mCp}$  [kg/s] (przy czym określenie równoważny oznacza, że układ jest równoważny względem układu rozcieńczania przepływu całkowitego, w którym rozcieńczany jest przepływ całkowity) oznacza się ze stężenia  $\text{CO}_2$  w spalinach rozcieńczonych, masowego natężenia przepływu spalin oraz natężenia przepływu próbki; nowe równanie jest identyczne z równaniem A.4-2, przy czym dodano jedynie współczynnik rozcieńczenia  $q_{mdew}/q_{mp}$ .

$$q_{mCp} = \left( \frac{c_{\text{CO}_2,d} - c_{\text{CO}_2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12.011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \quad (\text{A.4-3})$$

gdzie:

$c_{\text{CO}_2,d}$  = stężenie  $\text{CO}_2$  w stanie mokrym w rozcieńczonych gazach spalinowych na wylocie tunelu rozcieńczającego [%]

$c_{\text{CO}_2,a}$  = stężenie  $\text{CO}_2$  w powietrzu otaczającym, w stanie mokrym [%]

$q_{mdew}$  = natężenie przepływu próbki spalin rozcieńczonych w układzie rozcieńczania przepływu częściowego [kg/s]

$q_{mew}$  = masowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym [kg/s]

$q_{mp}$  = natężenie przepływu próbek spalin do układu rozcieńczania przepływu częściowego [kg/s]

$M_e$  = masa molowa spalin [g/mol]

Jeżeli stężenie  $\text{CO}_2$  zostało zmierzone w stanie suchym, należy je przeliczyć na stężenie w stanie mokrym zgodnie z pkt A.7.3.2 lub A.8.2.2.

#### A.4.5. Obliczanie masy molowej spalin

Masę molową spalin oblicza się z równania (A.8-15) (zob. pkt A.8.2.4.2).

Alternatywnie można wykorzystać poniższe masy molowe gazów spalinowych:

$M_e$  (diesel) = 28,9 g/mol

*dodatek A.5*

(Zastrzeżone)

\_\_\_\_\_

*Dodatek A.6*

(Zastrzeżone)

\_\_\_\_\_

## Dodatek A.7

## Obliczenia emisji w oparciu o liczbę moli

A.7.0. Konwersja symboli

A.7.0.1. Symbole ogólne

| Dodatek A.7 (1) | Dodatek A.8 | Jednostka          | Wielkość  |
|-----------------|-------------|--------------------|---|
| $A$             |             | $m^2$              | Powierzchnia  |
| $A_t$           |             | $m^2$              | Powierzchnia przekroju poprzecznego gardzieli zwężki Venturiego                       |
| $a_0$           | $b, D_0$    | d.u. (7)           | rzędna punktu przecięcia linii regresji z osią $y$ , punkt przecięcia wzorcowania PDP |
| $a_1$           | $m$         | d.u. (7)           | nachylenie linii regresji   |
| $\beta$         | $r_D$       | m/m                | Stosunek średnic  |
| $C$             |             | —                  | Współczynnik  |
| $C_d$           | $C_d$       | —                  | Współczynnik wypływu  |
| $C_f$           |             | —                  | Współczynnik przepływu  |
| $d$             | $d$         | m                  | Średnica  |
| $DR$            | $r_d$       | —                  | Stosunek rozcińczenia (2)   |
| $e$             | $e$         | g/kWh              | Emisje jednostkowe  |
| $e_{gas}$       | $e_{gas}$   | g/kWh              | Jednostkowa emisja składników gazowych  |
| $e_{PM}$        | $e_{PM}$    | g/kWh              | Jednostkowa emisja cząstek stałych  |
| $f$             |             | Hz                 | Częstotliwość   |
| $f_n$           | $n$         | $min^{-1}, s^{-1}$ | Częstotliwość obrotowa (wał)  |
| $\gamma$        |             | —                  | Stosunek ciepła właściwego  |
| $K$             |             |                    | Współczynnik poprawkowy   |
| $K_s$           | $X_0$       | s/obr.             | Współczynnik poprawkowy poślizgu PDP  |
| $k_{Dr}$        | $k_{Dr}$    | —                  | Współczynnik poprawkowy w dół   |
|                 | $k_h$       |                    | Współczynnik korekcji wilgotności dla $NO_x$  |
| $k_r$           | $k_r$       | —                  | Współczynnik mnożnikowy regeneracji   |
| $k_{Ur}$        | $k_{Ur}$    | —                  | Współczynnik poprawkowy w górę  |
| $\mu$           | $\mu$       | kg/(m·s)           | Lepkość dynamiczna  |
| $M$             | $M$         | g/mol              | Masa molowa (3)   |
| $M_{gas}^{(4)}$ | $M_{gas}$   | g/mol              | Masa molowa składników gazowych   |
| $m$             | $m$         | kg                 | Masa  |

| Dodatek A.7 (1)          | Dodatek A.8      | Jednostka         | Wielkość  |
|--------------------------|------------------|-------------------|---|
| $\dot{m}$                | $q_m$            | kg/s              | Natężenie masowe                                      |
| $\nu$                    |                  | m <sup>2</sup> /s | Lepkość kinematyczna                                  |
| $N$                      |                  |                   | Liczba całkowita w szeregu                            |
| $n$                      |                  | mol               | Ilość substancji                                      |
| $\dot{n}$                |                  | mol/s             | Wielkość natężenia substancji                         |
| $P$                      | $P$              | kW                | Moc   |
| $p$                      | $p$              | kPa               | Ciśnienie   |
| $p_{\text{abs}}$         | $p_p$            | kPa               | Ciśnienie bezwzględne                                 |
| $p_{\text{H}_2\text{O}}$ | $p_r$            | kPa               | Prężność pary wodnej                                  |
| $PF$                     | $1 - E$          | %                 | Współczynnik przenikania ( $E$ = sprawność konwersji) |
| $\dot{V}$                | $q_v$            | m <sup>3</sup> /s | Objęściowe natężenie przepływu                        |
| $\rho$                   | $\rho$           | kg/m <sup>3</sup> | Gęstość masowa  |
| $r$                      |                  | —                 | Stosunek ciśnień                                      |
| $R_a$                    |                  | μm                | Średnia chropowatość powierzchni                      |
| $Re^{\#}$                | $Re$             | —                 | Liczba Reynoldsa                                      |
| $RH\%$                   | $RH$             | %                 | Wilgotność względna                                   |
| $\sigma$                 | $\sigma$         | —                 | Odchylenie standardowe                                |
| $S$                      |                  | K                 | Stała Sutherlanda                                     |
| $T$                      | $T_a$            | K                 | Temperatura bezwzględna                               |
| $T$                      | $T$              | °C                | Temperatura   |
| $T$                      |                  | N·m               | Moment obrotowy silnika                               |
| $t$                      | $t$              | s                 | Czas  |
| $\Delta t$               | $\Delta t$       | s                 | Przedział czasowy                                     |
| $V$                      | $V$              | m <sup>3</sup>    | Objętość  |
| $\dot{V}$                | $q_v$            | m <sup>3</sup> /s | Natężenie objęściowe                                  |
| $W$                      | $W$              | kWh               | Praca   |
| $W_{\text{act}}$         | $W_{\text{act}}$ | kWh               | Rzeczywista praca w cyklu podczas cyklu badania       |
| $WF$                     | $WF$             | —                 | Współczynnik wagowy                                   |
| $w$                      | $w$              | g/g               | Ułamek masowy   |

| Dodatek A.7 <sup>(1)</sup> | Dodatek A.8 | Jednostka       | Wielkość   |
|----------------------------|-------------|-----------------|--|
| X <sup>(2)</sup>           | c           | mol/mol, % obj. | Wielkość ułamka molowego substancji <sup>(6)</sup> /<br>stężenie (także w $\mu\text{mol/mol} = \text{ppm}$ ) |
| $\bar{x}$                  |             | mol/mol         | Stężenie średnie ważone względem natężenia przepływu   |
| y                          |             | —               | Zmienna ogólna   |
| $\bar{y}$                  |             | —               | Średnia arytmetyczna   |
| Z                          |             | —               | Współczynnik ściśliwości   |

<sup>(1)</sup> Zob. indeksy dolne; np.:  $\dot{m}_{\text{air}}$  dla natężenia masowego powietrza suchego lub  $\dot{m}_{\text{fuel}}$  dla natężenia masowego paliwa.

<sup>(2)</sup> Stosunek rozcieńczenia  $r_d$  w dodatku A.8 i DR w dodatku A.7: różne symbole, ale to samo znaczenie i te same równania. Współczynnik rozcieńczenia D w dodatku A.8 i  $x_{\text{dil/exh}}$  w dodatku A.7: różne symbole, ale to samo znaczenie fizyczne; równanie (A.7-47) przedstawia zależność między  $x_{\text{dil/exh}}$  a DR.

<sup>(3)</sup> Wartości, które należy stosować jako masy molowe, znajdują się w pkt A.7.1.1 niniejszej sekcji. W przypadku  $\text{NO}_x$  i HC regulaminy określają efektywne masy molowe na podstawie składu zakładanego, a nie rzeczywistego.

<sup>(4)</sup> Zob. symbole i skróty dla składników chemicznych.

<sup>(5)</sup> Zob. poszczególne symbole w tabeli bilansu chemicznego.

<sup>(6)</sup> Ułamki molowe THC i NMHC wyrażone są w oparciu o równoważnik C1.

<sup>(7)</sup> d.u. = do ustalenia.

#### A.7.0.2. Indeksy dolne

| Dodatek A.7 | Dodatek A.8 <sup>(1)</sup> | Wielkość                                  |
|-------------|----------------------------|---|
| abs         |                            | Wielkość bezwzględna                      |
| act         | act                        | Wielkość rzeczywista                      |
| air         |                            | Powietrze w stanie suchym                 |
| atmos       |                            | Wielkość atmosferyczna                    |
| bkgnd       |                            | Tło                                       |
| C           |                            | Węgiel                                    |
| cal         |                            | Wielkość wzorcowa                         |
| CFV         |                            | Zwężka Venturiego o przepływie krytycznym |
| cor         |                            | Wielkość skorygowana                      |
| dil         |                            | Powietrze rozcieńczające                  |
| dexh        |                            | Spaliny rozcieńczone                      |
| dry         |                            | Wielkość w stanie suchym                  |
| exh         |                            | Spaliny nierozcieńczone                   |
| exp         |                            | Wielkość oczekiwana                       |
| eq          |                            | Wielkość równoważna                       |
| fuel        |                            | Paliwo                                    |
|             | i                          | Pomiar chwilowy (np. 1 Hz)                |
| i           |                            | Poszczególne wielkość z szeregu           |

| Dodatek A.7 | Dodatek A.8 <sup>(1)</sup> | Wielkość  |
|-------------|----------------------------|---|
| idle        |                            | Stan dla obrotów biegu jałowego                     |
| in          |                            | Wielkość na wejściu                                 |
| init        |                            | Wielkość początkowa, z reguły przed badaniem emisji |
| max         |                            | Wartość maksymalna (szczytowa)                      |
| meas        |                            | Wielkość mierzona                                   |
| min         |                            | Wartość minimalna                                   |
| mix         |                            | Masa molowa powietrza                               |
| out         |                            | Wielkość na wyjściu                                 |
| part        |                            | Wielkość częściowa                                  |
| PDP         |                            | Pompa waporowa                                      |
| raw         |                            | Spaliny nierozcieńczone                             |
| ref         |                            | Wielkość odniesienia                                |
| rev         |                            | Obroty  |
| sat         |                            | Stan nasycony                                       |
| slip        |                            | Poślizg PDP   |
| smpl        |                            | Pobieranie próbek                                   |
| span        |                            | Wielkość do ustawiania zakresu pomiarowego          |
| SSV         |                            | Zwężka Venturiego o przepływie poddźwiękowym        |
| std         |                            | Wielkość standardowa                                |
| test        |                            | Wielkość badawcza                                   |
| total       |                            | Wielkość całkowita                                  |
| uncor       |                            | Wielkość nieskorygowana                             |
| vac         |                            | Wielkość dla podciśnienia                           |
| weight      |                            | Odważnik wzorcowy                                   |
| wet         |                            | Wielkość w stanie mokrym                            |
| zero        |                            | Wielkość zerowa                                     |

(1) W dodatku A.8 znaczenie indeksu dolnego zależy od powiązanej wielkości; na przykład indeks dolny „d” może oznaczać stan suchy, tak jak w „ $c_d$  = stężenie w stanie suchym”, powietrze rozcieńczające, jak w „ $p_d$  = prężność par nasyconych powietrza rozcieńczającego” lub „ $k_{w,d}$  = współczynnik poprawkowy ze stanu suchego na mokry dla powietrza rozcieńczającego”, stosunek rozcieńczenia, jak w „ $r_d$ ”. Dlatego kolumna dla dodatku A.8 jest prawie pusta.

## A.7.0.3. Symbole i skróty składników chemicznych (stosowane także jako indeks dolny)

| Dodatek A.7                   | Dodatek A.8                   | Wielkość                              |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Ar                            | Ar                            | Argon                                 |
| C1                            | C1                            | Równoważnik węglowy 1 dla węglowodoru |
| CH <sub>4</sub>               | CH <sub>4</sub>               | Metan                                 |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | Etan                                  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | Propan                                |
| CO                            | CO                            | Tlenek węgla                          |
| CO <sub>2</sub>               | CO <sub>2</sub>               | Dwutlenek węgla                       |
| DOP                           | DOP                           | Dioktyloftalan                        |
| H                             |                               | Wodór atomowy                         |
| H <sub>2</sub>                |                               | Wodór cząsteczkowy                    |
| HC                            | HC                            | Węglowodór                            |
| H <sub>2</sub> O              | H <sub>2</sub> O              | Woda                                  |
| He                            |                               | Hel                                   |
| N                             |                               | Azot atomowy                          |
| N <sub>2</sub>                |                               | Azot cząsteczkowy                     |
| NMHC                          | NMHC                          | Węglowodory niemetanowe               |
| NO <sub>x</sub>               | NO <sub>x</sub>               | Tlenki azotu                          |
| NO                            | NO                            | Tlenek azotu                          |
| NO <sub>2</sub>               | NO <sub>2</sub>               | Dwutlenek azotu                       |
| O                             |                               | Tlen atomowy                          |
| PM                            | PM                            | Cząstki stałe                         |
| S                             |                               | Siarka                                |

## A.7.0.4. Symbole i skróty dla składu paliwa

| Dodatek A.7 (1)    | Dodatek A.8 (2)    | Wielkość   |
|--------------------|--------------------|--|
| w <sub>C</sub> (4) | w <sub>C</sub> (4) | Zawartość węgla w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.]  |
| w <sub>H</sub>     | w <sub>H</sub>     | Zawartość wodoru w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.] |
| w <sub>N</sub>     | w <sub>N</sub>     | Zawartość azotu w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.]  |

| Dodatek A.7 <sup>(1)</sup> | Dodatek A.8 <sup>(2)</sup> | Wielkość   |
|----------------------------|----------------------------|--|
| $w_O$                      | $w_O$                      | Zawartość tlenu w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.]  |
| $w_S$                      | $w_S$                      | Zawartość siarki w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.] |
| $\alpha$                   | $\alpha$                   | Stosunek atomowy wodoru do węgla (H/C)                       |
| $\beta$                    | $\varepsilon$              | Stosunek atomowy tlenu do węgla (O/C) <sup>(3)</sup>         |
| $\gamma$                   | $\gamma$                   | Stosunek atomowy siarki do węgla (S/C)                       |
| $\delta$                   | $\delta$                   | Stosunek atomowy azotu do węgla (N/C)                        |

<sup>(1)</sup> W odniesieniu do paliwa o wzorze chemicznym  $CH_aO_\beta S_\gamma N_\delta$

<sup>(2)</sup> W odniesieniu do paliwa o wzorze chemicznym  $CH_aO_\varepsilon N_\delta S_\gamma$

<sup>(3)</sup> Należy zwrócić uwagę na różne znaczenia symbolu  $\beta$  w dwóch dodatkach dotyczących obliczania wielkości emisji: w dodatku A.8 symbol ten odnosi się do paliwa o wzorze chemicznym  $CH_aS_\gamma N_\delta O_\varepsilon$  (tj. o wzorze  $C_\beta H_a S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ , gdzie  $\beta = 1$ , zakładając jeden atom węgla w cząsteczce), natomiast w dodatku A.7 symbol ten odnosi się do stosunku tlenu do węgla dla  $CH_aO_\beta S_\gamma N_\delta$ . Tym samym  $\beta$  z dodatku A.7 odpowiada  $\varepsilon$  z dodatku A.8.

<sup>(4)</sup> Ułamek masowy w opatrzonej symbolem składnika chemicznego w indeksie dolnym.

#### A.7.0.5. Symbole do bilansu chemicznego stosowane w dodatku A.7

|                          |  |
|--------------------------|--|
| $x_{dil/exh}$            | = ilość gazu rozcieńczającego lub powietrza nadmiarowego na jeden mol spalin   |
| $x_{H_2O/exh}$           | = ilość wody w spalinach na jeden mol spalin   |
| $x_{Ccomb/dry}$          | = ilość węgla w spalinach pochodzącego z paliwa na jeden mol spalin w stanie suchym  |
| $x_{H_2O/exhdry}$        | = ilość wody w spalinach na jeden suchy mol spalin w stanie suchym   |
| $x_{prod/intdry}$        | = ilość suchych produktów stechiometrycznych na jeden suchy mol powietrza dolotowego   |
| $x_{dil/exhdry}$         | = ilość gazu rozcieńczającego lub powietrza nadmiarowego na jeden mol spalin w stanie suchym   |
| $x_{int/exhdry}$         | = ilość powietrza dolotowego wymagana do wytworzenia rzeczywistych produktów spalania na jeden mol spalin (nierozcieńczonych lub rozcieńczonych) w stanie suchym |
| $x_{raw/exhdry}$         | = ilość nierozcieńczonych spalin, bez powietrza nadmiarowego, na jeden mol spalin (nierozcieńczonych lub rozcieńczonych) w stanie suchym                         |
| $x_{O_2/intdry}$         | = ilość $O_2$ w powietrzu dolotowym na jeden mol suchego powietrza dolotowego  |
| $x_{CO_2/intdry}$        | = ilość $CO_2$ w powietrzu dolotowym na jeden mol suchego powietrza dolotowego   |
| $x_{H_2O/intdry}$        | = ilość $H_2O$ w powietrzu dolotowym na jeden mol suchego powietrza dolotowego   |
| $x_{CO_2/int}$           | = ilość $CO_2$ w powietrzu dolotowym na jeden mol powietrza dolotowego   |
| $x_{CO_2/dil}$           | = ilość $CO_2$ w gazie rozcieńczającym na jeden mol gazu rozcieńczającego  |
| $x_{CO_2/dildry}$        | = ilość $CO_2$ w gazie rozcieńczającym na jeden mol suchego gazu rozcieńczającego  |
| $x_{H_2O/dildry}$        | = ilość $H_2O$ w gazie rozcieńczającym na jeden mol suchego gazu rozcieńczającego  |
| $x_{H_2O/dil}$           | = ilość $H_2O$ w gazie rozcieńczającym na jeden mol gazu rozcieńczającego  |
| $x_{[emission]meas}$     | = ilość emisji zmierzonych w próbce przez dany analizator gazowy   |
| $x_{[emission]dry}$      | = ilość emisji na jeden suchy mol próbki w stanie suchym   |
| $x_{H_2O[emission]meas}$ | = ilość wody w próbce w miejscu detekcji emisji  |
| $x_{H_2O/int}$           | = ilość wody w powietrzu dolotowym w oparciu o pomiar wilgotności powietrza dolotowego   |



## A.7.1. Podstawowe parametry i zależności

## A.7.1.1. Powietrze suche i substancje chemiczne

W niniejszym dodatku stosuje się następujące wartości dla składu powietrza suchego:

$$x_{\text{O}_2\text{airdry}} = 0,209445 \text{ mol/mol}$$

$$x_{\text{CO}_2\text{airdry}} = 0,000375 \text{ mol/mol}$$

W niniejszym dodatku stosuje się następujące masy molowe lub efektywne masy molowe substancji chemicznych:

$$M_{\text{air}} = 28,96559 \text{ g/mol (powietrze suche)}$$

$$M_{\text{Ar}} = 39,948 \text{ g/mol (argon)}$$

$$M_{\text{C}} = 12,0107 \text{ g/mol (węgiel)}$$

$$M_{\text{CO}} = 28,0101 \text{ g/mol (tlenek węgla)}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 44,0095 \text{ g/mol (dwutlenek węgla)}$$

$$M_{\text{H}} = 1,00794 \text{ g/mol (wodór atomowy)}$$

$$M_{\text{H}_2} = 2,01588 \text{ g/mol (wodór cząsteczkowy)}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,01528 \text{ g/mol (woda)}$$

$$M_{\text{He}} = 4,002602 \text{ g/mol (hel)}$$

$$M_{\text{N}} = 14,0067 \text{ g/mol (azot atomowy)}$$

$$M_{\text{N}_2} = 28,0134 \text{ g/mol (azot cząsteczkowy)}$$

$$M_{\text{NMHC}} = 13,875389 \text{ g/mol (węglowodory niemetanowe <sup>(a)</sup>)}$$

$$M_{\text{NO}_x} = 46,0055 \text{ g/mol (tlenki azotu <sup>(b)</sup>)}$$

$$M_{\text{O}} = 15,9994 \text{ g/mol (tlen atomowy)}$$

$$M_{\text{O}_2} = 31,9988 \text{ g/mol (tlen cząsteczkowy)}$$

$$M_{\text{C}_3\text{H}_8} = 44,09562 \text{ g/mol (propan)}$$

$$M_{\text{S}} = 32,065 \text{ g/mol (siarka)}$$

$$M_{\text{THC}} = 13,875389 \text{ g/mol (węglowodory całkowite <sup>(a)</sup>)}$$

<sup>(a)</sup> efektywne masy molowe THC i NMHC określone są na podstawie stosunku atomowego wodoru do węgla,  $\alpha$ , wynoszącego 1,85;

<sup>(b)</sup> efektywna masa molowa  $\text{NO}_x$  określona jest na podstawie masy molowej dwutlenku azotu,  $\text{NO}_2$ .

W niniejszym dodatku stosuje się następującą molową stałą gazową R dla gazów doskonałych:

$$R = 8,314472 \text{ J} / (\text{mol} \cdot \text{K})$$

W niniejszym dodatku stosuje się następujące wartości stosunku ciepła właściwego  $\gamma [J/(kg \cdot K)]/[J/(kg \cdot K)]$  dla powietrza rozcieńczającego i spalin rozcieńczonych:

$$\gamma_{\text{air}} = 1,399 \text{ (stosunek ciepła właściwego dla powietrza dolotowego lub powietrza rozcieńczającego)}$$

$$\gamma_{\text{dil}} = 1,399 \text{ (stosunek ciepła właściwego dla spalin rozcieńczonych)}$$

$$\gamma_{\text{dil}} = 1,385 \text{ (stosunek ciepła właściwego dla spalin nierozcieńczonych)}$$

## A.7.1.2. Powietrze mokre

W niniejszej sekcji opisano sposób wyznaczania ilości wody w gazie doskonałym:

## A.7.1.2.1. Prężność pary wodnej

Prężność pary wodnej  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  [kPa] dla danego warunku temperatury nasycenia,  $T_{\text{sat}}$  [K], oblicza się w następujący sposób:

- a) dla pomiarów wilgotności wykonywanych przy temperaturze otoczenia od 0 do 100 °C lub dla pomiarów wilgotności wykonywanych nad wodą przechłodzoną w temperaturach otoczenia od -50 do 0 °C:

$$\begin{aligned} \log_{10}(p_{\text{H}_2\text{O}}) = & 10,79574 \cdot \left(1 - \frac{273,16}{T_{\text{sat}}}\right) - 5,02800 \cdot \log_{10}\left(\frac{T_{\text{sat}}}{273,16}\right) + \\ & 1,50475 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - 10^{-8,2969 \cdot \left(\frac{T_{\text{sat}}}{273,16} - 1\right)}\right) + 0,42873 \cdot 10^{-3} \cdot \\ & \left(10^{4,76955 \cdot \left(1 - \frac{273,16}{T_{\text{sat}}}\right) - 1}\right) - 0,2138602 \end{aligned} \quad (\text{A.7-1})$$

gdzie:

$p_{\text{H}_2\text{O}}$  = prężność pary wodnej dla warunku temperatury nasycenia [kPa]

$T_{\text{sat}}$  = temperatura nasycenia wody dla zmierzonego warunku [K]

- b) dla pomiarów wilgotności wykonywanych nad lodem w temperaturach otoczenia od (-100 do 0) °C:

$$\begin{aligned} \log_{10}(p_{\text{sat}}) = & -9,096853 \cdot \left(\frac{273,16}{T_{\text{sat}}} - 1\right) - 3,566506 \cdot \log_{10}\left(\frac{273,16}{T_{\text{sat}}}\right) + 0,876812 \cdot \\ & \left(1 - \frac{T_{\text{sat}}}{273,16}\right) - 0,2138602 \end{aligned} \quad (\text{A.7-2})$$

gdzie:

$T_{\text{sat}}$  = temperatura nasycenia wody dla zmierzonego warunku [K]

## A.7.1.2.2. Punkt rosy

Jeżeli wilgotność mierzy się jako punkt rosy, to ilość wody w gazie doskonałym  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  [mol/mol] uzyskuje się w następujący sposób:

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{abs}}} \quad (\text{A.7-3})$$

gdzie:

$x_{\text{H}_2\text{O}}$  = ilość wody w gazie doskonałym [mol/mol]

$p_{\text{H}_2\text{O}}$  = prężność pary wodnej dla zmierzonego punktu rosy,  $T_{\text{sat}} = T_{\text{dew}}$  [kPa]

$p_{\text{abs}}$  = statyczne ciśnienie bezwzględne w stanie mokrym w miejscu pomiaru punktu rosy [kPa]

## A.7.1.2.3. Wilgotność względna

Jeżeli wilgotność mierzy się jako wilgotność względną RH%, to ilość wody w gazie doskonałym  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  [mol/mol] oblicza się w następujący sposób:

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{RH}\%}{100} \cdot \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{abs}}} \quad (\text{A.7-4})$$

gdzie:

RH% = wilgotność względna [%]

$p_{\text{H}_2\text{O}}$  = ciśnienie pary wodnej przy 100 % wilgotności względnej w miejscu pomiaru wilgotności względnej,  $T_{\text{sat}} = T_{\text{amb}}$  [kPa]

$p_{\text{abs}}$  = statyczne ciśnienie bezwzględne w stanie mokrym w miejscu pomiaru wilgotności względnej [kPa]

## A.7.1.3. Właściwości paliwa

Ogólny wzór paliwa to  $\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta\text{S}_\gamma\text{N}_\delta$ , przy czym  $\alpha$  to stosunek atomowy wodoru do węgla (H/C),  $\beta$  to stosunek atomowy tlenu do węgla (O/C),  $\gamma$  to stosunek atomowy siarki do węgla (S/C) i  $\delta$  to stosunek atomowy azotu do węgla (N/C). Na podstawie tego wzoru można obliczyć ułamek masowy węgla w paliwie  $w_C$ . W przypadku oleju napędowego można użyć prostego wzoru  $\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta$ . Można zastosować wartości domyślne składu paliwa w następujący sposób:

Tabela A.7.1

**Wartości domyślne stosunku atomowego wodoru do węgla,  $\alpha$ , stosunku atomowego tlenu do węgla,  $\beta$ , oraz ułamka masowego węgla w paliwie,  $w_C$ , dla paliw do silników Diesla**

| Paliwo        | Stosunki atomowe wodoru i tlenu do węgla<br>$\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta$ | Stężenie masowe węgla, $w_C$<br>[g/g] |
|---------------|--|---------------------------------------|
| Olej napędowy | $\text{CH}_{1,85}\text{O}_0$   | 0,866                                 |

## A.7.1.4. Stężenie węglowodorów całkowitych (THC) i węglowodorów niemetanowych

A.7.1.4.1. Oznaczenie THC i poprawki ze względu na zanieczyszczenie początkowe  $\text{THC}/\text{CH}_4$ 

- a) Jeżeli wymagane jest oznaczenie emisji THC, to oblicza się  $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]}$  w oparciu o stężenie początkowego zanieczyszczenia THC  $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{init}}$  z pkt 7.3.1.2, w następujący sposób:

$$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} = x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{uncorr}} - x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{init}} \quad (\text{A.7-5})$$

gdzie:

$$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} = \text{stężenie THC skorygowane pod względem zanieczyszczenia [mol/mol]}$$

$$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{uncorr}} = \text{nieskorygowane stężenie THC [mol/mol]}$$

$$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{init}} = \text{stężenie początkowego zanieczyszczenia THC [mol/mol]}$$

- b) W odniesieniu do oznaczenia NMHC opisanego w pkt A.7.1.4.2 wartość  $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]}$  należy skorygować o początkowe zanieczyszczenie węglowodorami przy użyciu równania (A.7-5). Początkowe zanieczyszczenie ciągu do próbkowania  $\text{CH}_4$  można skorygować przy użyciu równania (A.7-5), podstawiając zamiast THC stężenia  $\text{CH}_4$ .

## A.7.1.4.2. Oznaczenie węglowodorów niemetanowych (NMHC)

Aby wyznaczyć stężenie NMHC,  $x_{\text{NMHC}}$ , stosuje się jedną z poniższych metod:

- a) jeżeli nie mierzy się  $\text{CH}_4$ , to stężenia NMHC można wyznaczyć w następujący sposób:

masę NMHC skorygowaną o tło porównuje się z masą THC skorygowaną o tło. Jeżeli masa NMHC skorygowana o tło jest większa niż masa THC skorygowana o tło pomnożona przez 0,98, to przyjmuje się, że masa NMHC skorygowana o tło równa się iloczynowi 0,98 i masy THC skorygowanej o tło. Jeżeli pomija się obliczenia NMHC, to przyjmuje się, że masa NMHC skorygowana o tło równa się iloczynowi 0,98 i masy THC skorygowanej o tło;

- b) w przypadku separatorów węglowodorów niemetanowych  $x_{\text{NMHC}}$  oblicza się w oparciu o współczynniki przenikania separatora (PF) dla  $\text{CH}_4$  i  $\text{C}_2\text{H}_6$ , o których mowa w pkt 8.1.10.3, oraz z wykorzystaniem stężenia THC skorygowanego ze stanu suchego na mokry i ze względu na zanieczyszczenie węglowodorami  $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$  określonego w lit. a) pkt A.7.1.4.1:

- (i) stosuje się następujące równanie dla współczynników przenikania wyznaczonych przy użyciu konfiguracji separatora węglowodorów niemetanowych określonej w pkt 8.1.10.3.4.1:

$$x_{\text{NMHC}} = \frac{x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} - x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]} \cdot RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}}{1 - RPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]} \cdot RF_{\text{CH}_6[\text{THC-FID}]}} \quad (\text{A.7-6})$$

gdzie:

$$x_{\text{NMHC}} = \text{stężenie NMHC}$$

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$  = stężenie THC, skorygowane pod względem zanieczyszczenia HC i skorygowane ze stanu suchego na mokry, zmierzone przez analizator FID do pomiaru THC w czasie pobierania próbek i przy obejściu separatora węglowodorów niemetanowych

$x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]}$  = stężenie THC, skorygowane pod względem zanieczyszczenia HC (opcjonalnie) i skorygowane ze stanu suchego na mokry, zmierzone przez analizator FID z NMC w czasie pobierania próbek przechodzących przez separator węglowodorów niemetanowych

$RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}$  = współczynnik odpowiedzi analizatora FID THC dla  $\text{CH}_4$ , zgodnie z pkt 8.1.10.1.4;

$RFPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$  = połączony współczynnik odpowiedzi i przenikania dla etanu właściwy dla separatora węglowodorów niemetanowych, zgodnie z pkt 8.1.10.3.4.1

(ii) dla współczynników przenikania wyznaczonych przy użyciu konfiguracji separatora węglowodorów niemetanowych określonej w pkt 8.1.10.3.4.2 stosuje się następujące równanie:

$$x_{\text{NMHC}} = \frac{x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} \cdot PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]} - x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]}}{PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]} - PF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}} \quad (\text{A.7-7})$$

gdzie:

$x_{\text{NMHC}}$  = concentration of NMHC

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$  = stężenie THC, skorygowane pod względem zanieczyszczenia HC i skorygowane ze stanu suchego na mokry, zmierzone przez analizator FID do pomiaru THC w czasie pobierania próbek i przy obejściu separatora węglowodorów niemetanowych

$PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]}$  = współczynnik przenikania  $\text{CH}_4$  dla separatora węglowodorów niemetanowych, zgodnie z pkt 8.1.10.3.4.2

$x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]}$  = stężenie THC, skorygowane pod względem zanieczyszczenia HC (opcjonalnie) i skorygowane ze stanu suchego na mokry, zmierzone przez analizator FID z NMC w czasie pobierania próbek przechodzących przez separator węglowodorów niemetanowych

$PF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$  = współczynnik odpowiedzi etanu dla separatora węglowodorów niemetanowych, zgodnie z pkt 8.1.10.3.4.2;

(iii) dla współczynników przenikania wyznaczonych przy użyciu konfiguracji separatora węglowodorów niemetanowych określonej w pkt 8.1.10.3.4.3 stosuje się następujące równanie:

$$x_{\text{NMHC}} = \frac{x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} \cdot PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]} - x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]} \cdot RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}}{PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]} - RFPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]} \cdot RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}} \quad (\text{A.7-8})$$

gdzie:

$x_{\text{NMHC}}$  = stężenie NMHC

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$  = stężenie THC, skorygowane pod względem zanieczyszczenia HC i skorygowane ze stanu suchego na mokry, zmierzone przez analizator FID do pomiaru THC w czasie pobierania próbek i przy obejściu separatora węglowodorów niemetanowych

$PF_{\text{CH}_4[\text{NMC-FID}]}$  = współczynnik przenikania  $\text{CH}_4$  dla separatora węglowodorów niemetanowych, zgodnie z pkt 8.1.10.3.4.3

$x_{\text{THC}[\text{NMC-FID}]}$  = stężenie THC, skorygowane pod względem zanieczyszczenia HC (opcjonalnie) i skorygowane ze stanu suchego na mokry, zmierzone przez analizator FID z NMC w czasie pobierania próbek przechodzących przez separator węglowodorów niemetanowych

$RFPF_{\text{C}_2\text{H}_6[\text{NMC-FID}]}$  = połączony współczynnik odpowiedzi i przenikania dla etanu właściwy dla separatora węglowodorów niemetanowych, zgodnie z pkt 8.1.10.3.4.3

$RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}$  = współczynnik odpowiedzi analizatora FID THC dla  $\text{CH}_4$ , zgodnie z pkt 8.1.10.1.4;

c) w przypadku chromatografu gazowego  $x_{\text{NMHC}}$  oblicza się w oparciu o współczynnik odpowiedzi analizatora THC ( $RF$ ) dla  $\text{CH}_4$ , o którym mowa w pkt 8.1.10.1.4, oraz z wykorzystaniem stężenia początkowego THC skorygowanego ze stanu suchego na mokry i ze względu na zanieczyszczenie węglowodorami  $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$  określonego w lit. a) powyżej, w następujący sposób:

$$x_{\text{NMHC}} = x_{\text{THC[THC-FID]cor}} - R_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]} \cdot x_{\text{CH}_4} \quad (\text{A.7-9})$$

gdzie:

$x_{\text{NMHC}}$  = stężenie NMHC

$x_{\text{THC[THC-FID]cor}}$  = stężenie THC, skorygowane pod względem zanieczyszczenia HC i skorygowane ze stanu suchego na mokry, zmierzone przez analizator FID do pomiaru THC

$x_{\text{CH}_4}$  = stężenie  $\text{CH}_4$ , skorygowane pod względem zanieczyszczenia HC (opcjonalnie) i skorygowane ze stanu suchego na mokry, zmierzone przez FID z chromatografem gazowym

$R_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}$  = współczynnik odpowiedzi analizatora FID THC dla  $\text{CH}_4$

#### A.7.1.4.3. Przybliżenie NMHC w oparciu o THC

Można przyjąć, że emisje NMHC (węglowodorów niemetanowych) wynoszą w przybliżeniu 98 % emisji THC (całkowitej zawartości węglowodorów).

#### A.7.1.5. Stężenie średnie ważone względem natężenia przepływu

W niektórych punktach niniejszego dodatku może być konieczne obliczenie stężenia średniego ważonego pod względem natężenia przepływu, aby określić, czy stosuje się określone przepisy. Wartość średnia ważona pod względem natężenia przepływu to średnia danej wartości po zważeniu jej proporcjonalnie do odpowiedniego natężenia przepływu. Na przykład jeżeli stężenie gazu mierzy się w sposób ciągły w spalinach nierozcieńczonych z silnika, to wartość średnia tego stężenia ważona pod względem przepływu to suma iloczynów każdego zapisanego stężenia i odpowiadającego mu natężenia molowego przepływu spalin podzielona przez sumę zapisanych wartości natężenia przepływu. W kolejnym przykładzie stężenie w worku w układzie CVS równa się stężeniu średniemu ważonemu pod względem natężenia przepływu, ponieważ sam układ CVS dokonuje ważenia stężenia w worku pod względem przepływu. Dla danej emisji można oczekiwać określonej wartości stężenia średniego ważonego pod względem natężenia przepływu, w oparciu o wcześniejsze badania na podobnych silnikach lub przy użyciu podobnej aparatury i przyrządów.

#### A.7.2. Bilansy chemiczne paliwa, powietrza dolotowego i spalin

##### A.7.2.1. Przepisy ogólne

Bilansy chemiczne paliwa, powietrza dolotowego i spalin mogą być wykorzystywane do obliczania przepływów, ilości wody w przepływach oraz stężenia w stanie mokrym składników w ww. przepływach. W oparciu o natężenie przepływu jednego ze strumieni: paliwa, powietrza dolotowego lub spalin można zastosować bilansy chemiczne, aby wyznaczyć natężenia przepływu dwóch pozostałych strumieni. Na przykład można zastosować bilansy chemiczne oraz natężenie przepływu powietrza dolotowego lub paliwa w celu wyznaczenia natężenia przepływu spalin nierozcieńczonych.

##### A.7.2.2. Procedury wymagające bilansów chemicznych

Bilansy chemiczne są wymagane do wyznaczenia następujących wielkości:

- ilości wody w przepływie spalin nierozcieńczonych lub rozcieńczonych,  $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$ , jeżeli nie mierzy się ilości wody na potrzeby poprawki o ilość wody usuwaną przez układ do pobierania próbek;
- średniego ułamka powietrza rozcieńczającego w rozcieńczonych spalinach ważonego pod względem natężenia przepływu,  $x_{\text{dil/exh}}$ , jeżeli nie mierzy się przepływu powietrza rozcieńczającego na potrzeby poprawki o emisję tła. Należy zauważyć, że jeżeli do tego celu używa się bilansów chemicznych, to zakłada się, że spaliny są stechiometryczne, nawet jeżeli nie są.

##### A.7.2.3. Procedura bilansu chemicznego

Obliczenia bilansu chemicznego obejmują układ równań wymagających iteracji. Oszacowuje się wartości początkowe maksymalnie trzech wielkości: ilości wody w mierzonym przepływie,  $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$ , ułamka powietrza rozcieńczającego w rozcieńczonych spalinach (lub powietrza nadmiarowego w spalinach nierozcieńczonych),  $x_{\text{dil/exh}}$ , oraz ilości produktów na podstawie równoważnika C1 na jeden suchy mol zmierzonego przepływu w stanie suchym,  $x_{\text{Ccombdry}}$ . W bilansie chemicznym można wykorzystać ważne czasowo wartości średnie wilgotności powietrza spalania i wilgotności powietrza rozcieńczającego; o ile wilgotność powietrza spalania i wilgotność powietrza rozcieńczającego mieszczą się w tolerancji  $\pm 0,0025$  mol/mol w stosunku do ich odpowiednich wartości średnich dla danego przedziału czasowego badania. Dla każdego stężenia składnika emisji  $x$  i ilości wody  $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$  wyznacza się stężenie w stanie całkowicie suchym,  $x_{\text{dry}}$  i  $x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$ . Stosuje się również następujące wartości dla paliwa: stosunek atomowy wodoru do węgla,  $\alpha$ , tleny do węgla,  $\beta$ , oraz ułamek masowy węgla w paliwie,  $w_{\text{C}}$ . Dla paliwa badawczego można zastosować  $\alpha$  i  $\beta$  lub wartości domyślne z tabeli 7.1.

W celu ukończenia bilansu chemicznego wykonuje się następujące czynności:

- a) zmierzone stężenia, takie jak  $x_{\text{CO}_2\text{meas}}$ ,  $x_{\text{NOmeas}}$  i  $x_{\text{H}_2\text{Oint}}$ , przekształca się na stężenia w stanie suchym poprzez podzielenie ich przez jeden minus ilość wody obecnej podczas ich pomiarów; na przykład  $x_{\text{H}_2\text{OxCO}_2\text{meas}}$ ,  $x_{\text{H}_2\text{OxNOmeas}}$  i  $x_{\text{H}_2\text{Oint}}$ . Jeżeli ilość wody obecnej podczas pomiaru „w stanie mokrym” jest taka sama jak nieznaną ilość wody w przepływie spalin,  $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$ , należy ją rozwiązać iteracyjnie dla takiej wartości w systemie równań. Jeżeli mierzy się tylko całkowitą zawartość  $\text{NO}_x$ , a nie NO i  $\text{NO}_2$  oddzielnie, to w oparciu o właściwą ocenę techniczną oszacowuje się podział ogólnego stężenia  $\text{NO}_x$  na NO i  $\text{NO}_2$  do celów bilansów chemicznych. Można założyć, że stężenie molowe  $\text{NO}_x$ ,  $x_{\text{NO}_x}$ , składa się z 75 % NO i 25 %  $\text{NO}_2$ . W przypadku układów oczyszczania z gromadzeniem  $\text{NO}_2$  można założyć, że  $x_{\text{NO}_x}$  składa się z 25 % NO i 75 %  $\text{NO}_2$ . Do obliczeń masy emisji  $\text{NO}_x$  stosuje się masę molową  $\text{NO}_2$  jako efektywną masę molową wszystkich tlenków  $\text{NO}_x$ , niezależnie od rzeczywistego ułamka  $\text{NO}_2$  w  $\text{NO}_x$ ;
- b) równania (A.7-10–A.7-26) z lit. d) niniejszego punktu A.7.2.3 wprowadza się do programu komputerowego w celu iteracyjnego rozwiązania dla  $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$ ,  $x_{\text{Ccombdry}}$  i  $x_{\text{dil/exh}}$ . Wartości początkowe  $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$ ,  $x_{\text{Ccombdry}}$  i  $x_{\text{dil/exh}}$  oszacowuje się w oparciu o właściwą ocenę techniczną. Zaleca się, aby szacowana początkowa ilość wody była około dwukrotnie większa niż ilość wody w powietrzu dolotowym lub powietrzu rozcieńczającym. Zaleca się, aby szacowana początkowa wartość  $x_{\text{Ccombdry}}$  stanowiła sumę zmierzonych wartości  $\text{CO}_2$ , CO i THC. Zaleca się, aby szacowana początkowa wartość  $x_{\text{dil}}$  wynosiła od 0,75 do 0,95 ( $0,75 < x_{\text{dil}} < 0,95$ ), np. 0,8. Wartości w układzie równań iteruje się do chwili, kiedy wszystkie ostatnio zaktualizowane oszacowania nie różnią się o więcej niż  $\pm 1\%$  od swoich ostatnio obliczonych wartości;
- c) w układzie równań z lit. c) niniejszego punktu stosowane są następujące symbole i indeksy dolne, gdzie jednostką  $x$  jest mol/mol:

| Symbol                         | Opis   |
|--------------------------------|--|
| $x_{\text{dil/exh}}$           | Ilość gazu rozcieńczającego lub powietrza nadmiarowego na jeden mol spalin   |
| $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$    | Ilość $\text{H}_2\text{O}$ w spalinach na jeden mol spalin   |
| $x_{\text{Ccombdry}}$          | Ilość węgla w spalinach pochodzącego z paliwa na jeden mol spalin w stanie suchym  |
| $x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$ | Ilość wody w spalinach na jeden suchy mol spalin w stanie suchym   |
| $x_{\text{prod/intdry}}$       | Ilość suchych produktów stechiometrycznych na jeden suchy mol powietrza dolotowego   |
| $x_{\text{dil/exhdry}}$        | Ilość gazu rozcieńczającego lub powietrza nadmiarowego na jeden mol spalin w stanie suchym   |
| $x_{\text{int/exhdry}}$        | Ilość powietrza dolotowego wymagana do wytworzenia rzeczywistych produktów spalania na jeden mol spalin (nierozcieńczonych lub rozcieńczonych) w stanie suchym   |
| $x_{\text{raw/exhdry}}$        | Ilość nierozcieńczonych spalin, bez powietrza nadmiarowego, na jeden mol spalin (nierozcieńczonych lub rozcieńczonych) w stanie suchym   |
| $x_{\text{O}_2\text{intdry}}$  | Ilość $\text{O}_2$ w powietrzu dolotowym na jeden mol suchego powietrza dolotowego; można założyć $x_{\text{O}_2\text{intdry}} = 0,209445$ mol/mol   |
| $x_{\text{CO}_2\text{intdry}}$ | Ilość $\text{CO}_2$ w powietrzu dolotowym na jeden mol suchego powietrza dolotowego; można zastosować $x_{\text{CO}_2\text{intdry}} = 375$ mmol/mol, ale zaleca się pomiar rzeczywistego stężenia powietrza dolotowego |
| $x_{\text{H}_2\text{Ointdry}}$ | Ilość $\text{H}_2\text{O}$ w powietrzu dolotowym na jeden mol suchego powietrza dolotowego   |
| $x_{\text{CO}_2\text{int}}$    | Ilość $\text{CO}_2$ w powietrzu dolotowym na jeden mol powietrza dolotowego  |

| Symbol                                 | Opis   |
|--|--|
| $x_{\text{CO}_2\text{dil}}$            | Ilość $\text{CO}_2$ w gazie rozcieńczającym na jeden mol gazu rozcieńczającego   |
| $x_{\text{CO}_2\text{dildry}}$         | Ilość $\text{CO}_2$ w gazie rozcieńczającym na jeden mol suchego gazu rozcieńczającego. Jeżeli stosuje się powietrze jako gaz rozcieńczający, to można zastosować $x_{\text{CO}_2\text{dildry}} = 375$ mmol/mol, ale zaleca się pomiar rzeczywistego stężenia powietrza dolotowego |
| $x_{\text{H}_2\text{O}\text{dildry}}$  | Ilość $\text{H}_2\text{O}$ w gazie rozcieńczającym na jeden mol suchego gazu rozcieńczającego  |
| $x_{\text{H}_2\text{O}\text{dil}}$     | Ilość $\text{H}_2\text{O}$ w gazie rozcieńczającym na jeden mol gazu rozcieńczającego  |
| $x_{\text{[emission]meas}}$            | Ilość emisji zmierzonych w próbce przez dany analizator gazowy   |
| $x_{\text{[emission]dry}}$             | Ilość emisji na jeden suchy mol próbki w stanie suchym   |
| $x_{\text{H}_2\text{O[emission]meas}}$ | Ilość wody w próbce w miejscu detekcji emisji. Wartości te mierzy się lub oszacowuje zgodnie z pkt 9.3.2.3.1.  |
| $x_{\text{H}_2\text{Oint}}$            | Ilość wody w powietrzu dolotowym w oparciu o pomiar wilgotności powietrza dolotowego   |
| $\alpha$                               | Stosunek atomowy wodoru do węgla w spalanej mieszance paliwowej ( $\text{CH}_\alpha \text{O}_\beta$ ), ważony pod względem zużycia molowego  |
| $\beta$                                | Stosunek atomowy tlenu do węgla w spalanej mieszance paliwowej ( $\text{CH}_\alpha \text{O}_\beta$ ), ważony pod względem zużycia molowego   |

d) stosuje się następujące równania w celu iteracyjnego rozwiązania  $x_{\text{dil/exh}}$ ,  $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$  i  $x_{\text{Ccombdry}}$ :

$$x_{\text{dil/exh}} = 1 - \frac{x_{\text{raw/exhdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}} \quad (\text{A.7-10})$$

$$x_{\text{H}_2\text{Oexh}} = 1 - \frac{x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}} \quad (\text{A.7-11})$$

$$x_{\text{Ccombdry}} = x_{\text{CO}_2\text{dry}} + x_{\text{COdry}} + x_{\text{THCdry}} - x_{\text{CO}_2\text{dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} - x_{\text{CO}_2\text{int}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} \quad (\text{A.7-12})$$

$$x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}} = \frac{\alpha}{2} (x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) + x_{\text{H}_2\text{O}\text{dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} + x_{\text{H}_2\text{O}\text{int}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} \quad (\text{A.7-13})$$

$$x_{\text{dil/exhdry}} = \frac{x_{\text{dil/exh}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{Oexh}}} \quad (\text{A.7-14})$$

$$x_{\text{int/exhdry}} = \frac{1}{2 \cdot x_{\text{O}_2\text{int}}} \left[ \left( \frac{\alpha}{2} - \beta + 2 \right) (x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) - (x_{\text{COdry}} - x_{\text{NOdry}} - 2x_{\text{NO}_2\text{dry}}) \right] \quad (\text{A.7-15})$$

$$x_{\text{raw/exhdry}} = \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\alpha}{2} + \beta \right) (x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) + (2x_{\text{THCdry}} + x_{\text{COdry}} - x_{\text{NOdry}}) \right] + x_{\text{int/exhdry}} \quad (\text{A.7-16})$$

$$x_{\text{O}_2\text{int}} = \frac{0,209820 - x_{\text{CO}_2\text{intdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{O}\text{intdry}}} \quad (\text{A.7-17})$$

$$x_{\text{CO}_2\text{int}} = \frac{x_{\text{CO}_2\text{intdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{O}\text{intdry}}} \quad (\text{A.7-18})$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}\text{intdry}} = \frac{x_{\text{H}_2\text{O}\text{int}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{O}\text{int}}} \quad (\text{A.7-19})$$

$$x_{\text{CO2dil}} = \frac{x_{\text{CO2dildry}}}{1 + x_{\text{H2Odildry}}} \quad (\text{A.7-20})$$

$$x_{\text{H2Odildry}} = \frac{x_{\text{H2Odil}}}{1 - x_{\text{H2Odil}}} \quad (\text{A.7-21})$$

$$x_{\text{COdry}} = \frac{x_{\text{COmeas}}}{1 - x_{\text{H2OCOmeas}}} \quad (\text{A.7-22})$$

$$x_{\text{CO2dry}} = \frac{x_{\text{CO2meas}}}{1 - x_{\text{H2OCO2meas}}} \quad (\text{A.7-23})$$

$$x_{\text{NOdry}} = \frac{x_{\text{NOmeas}}}{1 - x_{\text{H2ONOmeas}}} \quad (\text{A.7-24})$$

$$x_{\text{NO2dry}} = \frac{x_{\text{NO2meas}}}{1 - x_{\text{H2ONO2meas}}} \quad (\text{A.7-25})$$

$$x_{\text{THCdry}} = \frac{x_{\text{THCmeas}}}{1 - x_{\text{H2OTHCmeas}}} \quad (\text{A.7-26})$$

Na koniec bilansu chemicznego oblicza się molowe natężenie przepływu  $\dot{n}_{\text{exh}}$ , jak określono w pkt A.7.3.3 i A.7.4.3.

#### A.7.2.4. Korekcja $\text{NO}_x$ ze względu na wilgotność

Wszystkie stężenia  $\text{NO}_x$ , w tym stężenia tła w powietrzu rozcieńczającym, koryguje się pod względem wilgotności powietrza dolotowego przy użyciu następującego równania:

$$x_{\text{NOxcor}} = x_{\text{NOxuncor}} \cdot (9,953 \cdot x_{\text{H2O}} + 0,832) \quad (\text{A.7-27})$$

gdzie:

$x_{\text{NOxuncor}}$  = nieskorygowane stężenie molowe  $\text{NO}_x$  w spalinach [ $\mu\text{mol/mol}$ ]

$x_{\text{H2O}}$  = ilość wody w powietrzu dolotowym [ $\text{mol/mol}$ ]

#### A.7.3. Emisje nierozcieńczonych zanieczyszczeń gazowych

##### A.7.3.1. Masa emisji gazowych

Aby obliczyć masę całkowitą emisji gazowej w badaniu  $m_{\text{gas}}$  [ $\text{g/badanie}$ ], stężenie molowe emisji mnoży się przez odpowiedni przepływ molowy i masę molową spalin; następnie całkuje się po cyklu badania:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot dt \quad (\text{A.7-28})$$

gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = masa molowa ogólnej emisji gazowej [ $\text{g/mol}$ ]

$\dot{n}_{\text{exh}}$  = chwilowe natężenie molowe przepływu spalin w stanie mokrym [ $\text{mol/s}$ ]

$x_{\text{gas}}$  = chwilowe ogólne stężenie molowe gazu w stanie mokrym [ $\text{mol/mol}$ ]

$t$  = czas [ $\text{s}$ ]

Ponieważ równanie (A.7-28) musi być rozwiązane przez całkowanie numeryczne, zostaje przekształcone na:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot dt \Rightarrow m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \cdot x_{\text{gasi}} \quad (\text{A.7-29})$$



gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = ogólna masa molowa emisji [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exhi}}$  = chwilowe natężenie molowe przepływu spalin w stanie mokrym [mol/s]

$x_{\text{gasi}}$  = chwilowe ogólne stężenie molowe gazu w stanie mokrym [mol/mol]

$f$  = częstotliwość próbkowania danych [Hz]

$N$  = liczba pomiarów [-]

Równanie ogólne można zmodyfikować w zależności od tego, jaki układ pomiarowy się stosuje, czy próbkowanie jest okresowe czy ciągłe, oraz czy próbki pobiera się z przepływu o natężeniu zmiennym zamiast stałego.

- a) W przypadku ciągłego pobierania próbek, dla ogólnego przypadku zmiennego natężenia przepływu, masę emisji gazowej  $m_{\text{gas}}$  [g/badanie] oblicza się za pomocą następującego równania:

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \cdot x_{\text{gasi}} \quad (\text{A.7-30})$$

gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = ogólna masa molowa emisji [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exhi}}$  = chwilowe natężenie molowe przepływu spalin w stanie mokrym [mol/s]

$x_{\text{gasi}}$  = chwilowy ułamek molowy emisji gazowej w stanie mokrym [mol/mol]

$f$  = częstotliwość próbkowania danych [Hz]

$N$  = liczba pomiarów [-].

- b) Ponownie w przypadku ciągłego pobierania próbek, ale dla szczególnego przypadku stałego natężenia przepływu, masę emisji gazowej  $m_{\text{gas}}$  [g/badanie] oblicza się za pomocą następującego równania:

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \dot{n}_{\text{exh}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \quad (\text{A.7-31})$$

gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = ogólna masa molowa emisji [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}}$  = chwilowe natężenie molowe przepływu spalin w stanie mokrym [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$  = średni ułamek molowy emisji gazowej w stanie mokrym [mol/mol]

$\Delta t$  = czas trwania przedziału czasowego badania.

- c) W przypadku okresowego pobierania próbek, niezależnie od tego, czy natężenie przepływu jest zmienne czy stałe, równanie (A.7-30) można uprościć w następujący sposób:

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \quad (\text{A.7-32})$$

gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = ogólna masa molowa emisji [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exhi}}$  = chwilowe natężenie molowe przepływu spalin w stanie mokrym [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$  = średni ułamek molowy emisji gazowej w stanie mokrym [mol/mol]

$F$  = częstotliwość próbkowania danych [Hz]

$N$  = liczba pomiarów [-].

## A.7.3.2. Przekształcenie stężenia ze stanu suchego na mokry

Parametry w niniejszym punkcie zostały otrzymane z wyników bilansu chemicznego obliczonego w pkt A.7.2. Istnieje następująca zależność między stężeniami molowymi gazu w zmierzonym przepływie  $x_{\text{gasdry}}$  i  $x_{\text{gas}}$  [mol/mol] wyrażonym, odpowiednio, w stanie suchym i mokrym:

$$x_{\text{gasdry}} = \frac{x_{\text{gas}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (\text{A.7-33})$$

$$x_{\text{gas}} = \frac{x_{\text{gasdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{Odry}}} \quad (\text{A.7-34})$$

gdzie:

$x_{\text{H}_2\text{O}}$  = ułamek molowy wody w zmierzonym przepływie w stanie mokrym [mol/mol]

$x_{\text{H}_2\text{Odry}}$  = ułamek molowy wody w zmierzonym przepływie w stanie suchym [mol/mol].

W przypadku emisji gazowych do stężenia ogólnego  $x$  [mol/mol] stosuje się poprawkę o ilość usuniętej wody w następujący sposób:

$$x = x_{[\text{emission}]_{\text{meas}}} \left[ \frac{(1 - x_{\text{H}_2\text{Oexh}})}{1 - x_{\text{H}_2\text{O}[\text{emission}]_{\text{meas}}}} \right] \quad (\text{A.7-35})$$

gdzie:

$x_{[\text{emission}]_{\text{meas}}}$  = ułamek molowy emisji w zmierzonym przepływie w miejscu pomiaru [mol/mol]

$x_{\text{H}_2\text{O}[\text{emission}]_{\text{meas}}}$  = ilość wody w zmierzonym przepływie dla pomiaru stężenia [mol/mol]

$x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$  = ilość wody w przepływomierzu [mol/mol].

## A.7.3.3. Natężenie molowe przepływu gazów spalinowych

Natężenie przepływu nierozcieńczonych gazów spalinowych można zmierzyć bezpośrednio lub obliczyć na podstawie bilansu chemicznego z pkt A.7.2.3. Natężenie molowe przepływu spalin nierozcieńczonych oblicza się ze zmierzonego natężenia molowego przepływu powietrza dolotowego lub z natężenia masowego przepływu paliwa. Natężenie molowe przepływu spalin nierozcieńczonych można obliczyć ze zmierzonych próbek emisji,  $\dot{m}_{\text{exh}}$ , w oparciu o zmierzone natężenie molowe przepływu powietrza dolotowego,  $\dot{m}_{\text{int}}$ , lub zmierzone masowe natężenie przepływu paliwa,  $\dot{m}_{\text{fuel}}$ , oraz wartości obliczone przy użyciu bilansu chemicznego z pkt A.7.2.3. Rozwiązuje się je dla bilansu chemicznego z pkt A.7.2.3 przy zastosowaniu tej samej częstotliwości, dla której aktualizowane i zapisywane są  $\dot{m}_{\text{int}}$  lub  $\dot{m}_{\text{fuel}}$ .

a) Natężenie przepływu emisji ze skrzyni korbowej. Natężenie przepływu spalin nierozcieńczonych można obliczyć z  $\dot{m}_{\text{int}}$  lub  $\dot{m}_{\text{fuel}}$  tylko w przypadku, gdy co najmniej jedno z poniższych twierdzeń jest prawdziwe w odniesieniu do natężenia przepływu emisji ze skrzyni korbowej:

- (i) badany silnik jest wyposażony w produkcyjny system kontroli emisji z zamkniętą skrzynią korbową, w którym przepływ emisji ze skrzyni jest kierowany z powrotem do powietrza dolotowego, za przepływomierzem powietrza dolotowego (w kierunku przepływu);
- (ii) podczas badania emisji przepływ z otwartej skrzyni korbowej jest kierowany do układu wydechowego zgodnie z pkt 6.10;
- (iii) emisje i przepływ z otwartej skrzyni korbowej mierzy się i dodaje do obliczeń emisji jednostkowych;
- (iv) przy użyciu danych dotyczących emisji lub analizy technicznej można wykazać, że pominięcie natężenia przepływu emisji z otwartej skrzyni korbowej nie ma negatywnego wpływu na zgodność z obowiązującymi normami.

b) Obliczenia molowego natężenia przepływu w oparciu o powietrze dolotowe.

W oparciu o  $\dot{m}_{\text{int}}$ , natężenie molowe przepływu spalin  $\dot{m}_{\text{exh}}$  [mol/s] oblicza się w następujący sposób:

$$\dot{i}_{\text{exh}} = \frac{\dot{i}_{\text{int}}}{\left[ 1 + \frac{(x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{raw/exhdry}})}{(1 + x_{\text{H2Oexhdry}})} \right]} \quad (\text{A.7-36})$$

gdzie:

$\dot{i}_{\text{exh}}$  = natężenie molowe przyływu spalin nierozcieńczonych, w którym mierzone są emisje [mol/s]

$\dot{i}_{\text{int}}$  = natężenie molowe przepływu powietrza dolotowego, z uwzględnieniem wilgotności w powietrzu dolotowym [mol/s]

$x_{\text{int/exhdry}}$  = ilość powietrza dolotowego wymagana do wytworzenia rzeczywistych produktów spalania na jeden mol spalin (nierozcieńczonych lub rozcieńczonych) w stanie suchym [mol/mol]

$x_{\text{raw/exhdry}}$  = ilość nierozcieńczonych spalin, bez powietrza nadmiarowego, na jeden mol spalin (nierozcieńczonych lub rozcieńczonych) w stanie suchym [mol/mol]

$x_{\text{H2Oexhdry}}$  = ilość wody w spalinach na jeden mol spalin w stanie suchym [mol/mol].

c) Obliczenia molowego natężenia przepływu w oparciu o masowe natężenie przepływu paliwa.

Opierając się na  $\dot{m}_{\text{fuel}}$ ,  $\dot{i}_{\text{exh}}$  [mol/s] oblicza się w następujący sposób:

$$\dot{i}_{\text{exh}} = \frac{\dot{m}_{\text{fuel}} \cdot w_{\text{C}} \cdot (1 + x_{\text{H2Oexhdry}})}{M_{\text{C}} \cdot x_{\text{Ccombdry}}} \quad (\text{A.7-37})$$

gdzie:

$\dot{i}_{\text{exh}}$  = natężenie molowe przepływu spalin nierozcieńczonych, w którym mierzone są emisje

$\dot{m}_{\text{fuel}}$  = natężenie przepływu paliwa, z uwzględnieniem wilgotności w powietrzu dolotowym [g/s]

$w_{\text{C}}$  = ułamek masowy węgla dla danego paliwa [g/g]

$x_{\text{H2Oexhdry}}$  = ilość H<sub>2</sub>O na jeden suchy mol zmierzonego przepływu [mol/mol]

$M_{\text{C}}$  = masa cząsteczkowa węgla 12,0107 g/mol

$x_{\text{Ccombdry}}$  = ilość węgla w spalinach pochodzącego z paliwa na jeden mol spalin w stanie suchym [mol/mol].

A.7.4. Emisje rozcieńczonych zanieczyszczeń gazowych

A.7.4.1. Obliczenia masy emisji i korekcja ze względu na tło

Równania do obliczania masy emisji gazowych  $m_{\text{gas}}$  [g/badanie] w zależności od molowych natężeń przepływu emisji są następujące:

a) Ciągłe pobieranie próbek, zmienne natężenie przepływu

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{i}_{\text{exhi}} \cdot x_{\text{gasi}} \quad (\text{zob. A.7-29})$$

gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = ogólna masa molowa emisji [g/mol]

$\dot{i}_{\text{exhi}}$  = chwilowe natężenie molowe przepływu spalin w stanie mokrym [mol/s]

$m_{\text{gasi}}$  = chwilowe ogólne stężenie molowe gazu w stanie mokrym [mol/mol]

$f$  = częstotliwość próbkowania danych [Hz]

$N$  = liczba pomiarów [-].

Ciągłe pobieranie próbek, stałe natężenie przepływu

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \dot{i}_{\text{exh}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \quad (\text{zob. A.7-31})$$

gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = ogólna masa molowa emisji [g/mol]

$\dot{i}_{\text{exh}}$  = chwilowe natężenie molowe przepływu spalin w stanie mokrym [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$  = średni ułamek molowy emisji gazowej w stanie mokrym [mol/mol]

$\Delta t$  = czas trwania przedziału czasowego badania.

- b) W przypadku okresowego pobierania próbek, niezależnie od tego, czy natężenie przepływu jest zmienne czy stałe, stosuje się następujący wzór:

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{i}_{\text{exhi}} \quad (\text{zob. A.7-32})$$

gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = ogólna masa molowa emisji [g/mol]

$\dot{i}_{\text{exhi}}$  = chwilowe natężenie molowe przepływu spalin w stanie mokrym [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$  = średni ułamek molowy emisji gazowej w stanie mokrym [mol/mol]

$f$  = częstotliwość próbkowania danych [Hz]

$N$  = liczba pomiarów [-].

- c) W przypadku spalin rozcieńczonych obliczone wartości masy zanieczyszczeń należy skorygować poprzez odjęcie masy emisji tła pochodzących z powietrza rozcieńczającego:

(i) po pierwsze, wyznacza się molowe natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego  $\dot{n}_{\text{airdil}}$  [mol/s] dla całego przedziału czasowego badania. Może to być wartość zmierzona lub wartość obliczona w oparciu o przepływ spalin rozcieńczonych i średni ułamek powietrza rozcieńczającego w rozcieńczonych spalinach ważony pod względem natężenia przepływu,  $\bar{x}_{\text{dil/exh}}$ ;

(ii) całkowity przepływ powietrza rozcieńczającego  $n_{\text{airdil}}$  [mol] mnoży się przez średnie stężenie emisji tła. Wartość ta może być średnią ważoną ze względu na czas lub średnią ważoną ze względu na przepływ (np. tło próbkowane proporcjonalnie). Iloczyn  $n_{\text{airdil}}$  i średniego stężenia emisji tła stanowi wartość całkowitą emisji tła;

(iii) jeżeli wynikiem jest wartość molowa, należy ją przekształcić na masę emisji tła  $m_{\text{bkgnd}}$  [g] poprzez pomnożenie jej przez masę molową emisji  $M_{\text{gas}}$  [g/mol];

(iv) masę całkowitą emisji tła odejmuje się od masy całkowitej emisji w celu skorygowania jej o emisję tła;

(v) przepływ całkowity powietrza rozcieńczającego można wyznaczyć za pomocą bezpośredniego pomiaru przepływu. W takim przypadku oblicza się masę całkowitą tła w oparciu o przepływ powietrza rozcieńczającego,  $n_{\text{airdil}}$ . Masę tła odejmuje się od masy całkowitej. Wynik wykorzystuje się do obliczeń emisji jednostkowych;

(vi) przepływ całkowity powietrza rozcieńczającego można wyznaczyć z przepływu całkowitego spalin rozcieńczonych i z bilansu chemicznego paliwa, powietrza dolotowego i spalin, jak opisano w pkt A.7.2. W takim przypadku oblicza się masę całkowitą tła w oparciu o przepływ całkowity spalin rozcieńczonych,  $n_{\text{dexh}}$ . Następnie wynik mnoży się przez średni ułamek powietrza rozcieńczającego w rozcieńczonych spalinach ważony pod względem natężenia przepływu,  $\bar{x}_{\text{dil/exh}}$ .

Uwzględniając oba przypadki (v) i (vi), stosuje się następujące wzory:

$$m_{\text{bkgnd}} = M_{\text{gas}} \cdot x_{\text{gasdil}} \cdot n_{\text{airdil}} \text{ or } m_{\text{bkgnd}} = M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{dil/exh}} \cdot \bar{x}_{\text{bkgnd}} \cdot n_{\text{dexh}} \quad (\text{zob. A.7-38})$$

$$m_{\text{gascor}} = m_{\text{gas}} - m_{\text{bkgnd}} \quad (\text{A.7-39})$$

gdzie:

$m_{\text{gas}}$  = masa całkowita emisji gazowej [g]

$m_{\text{bkgn}}$  = masy całkowite emisji tła [g]

$m_{\text{gascor}}$  = masa emisji gazowych skorygowanych o emisje tła [g]

$M_{\text{gas}}$  = masa cząsteczkowa ogólnej emisji gazowej [g/mol]

$x_{\text{gasdil}}$  = stężenie emisji gazowych w powietrzu rozcieńczającym [mol/mol]

$n_{\text{airdil}}$  = przepływ molowy powietrza rozcieńczającego [mol]

$\bar{x}_{\text{dil/exh}}$  = średni ułamek powietrza rozcieńczającego w rozcieńczonych spalinach ważony pod względem natężenia przepływu [mol/mol]

$\bar{x}_{\text{bkgn}}$  = ułamek gazowy tła [mol/mol]

$n_{\text{dexh}}$  = przepływ całkowity spalin rozcieńczonych [mol].

#### A.7.4.2. Przekształcenie stężenia ze stanu suchego na mokry

Te same zależności dla gazów nierozcieńczonych (pkt A.7.3.2.) stosuje się do przekształcenia ze stanu suchego na mokry w odniesieniu do próbek rozcieńczonych. W odniesieniu do powietrza rozcieńczającego wykonuje się pomiar wilgotności w celu obliczenia ułamka pary wodnej  $x_{\text{H}_2\text{Odildry}}$  [mol/mol] w powietrzu rozcieńczającym:

$$x_{\text{H}_2\text{Odildry}} = \frac{x_{\text{H}_2\text{Odil}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{Odil}}} \quad (\text{zob. A.7-21})$$

gdzie:

$x_{\text{H}_2\text{Odil}}$  = ułamek molowy wody w przepływie powietrza rozcieńczającego [mol/mol]

#### A.7.4.3. Natężenie molowe przepływu spalin

##### a) Obliczenia przy użyciu bilansu chemicznego

Molowe natężenie przepływu  $\dot{n}_{\text{exh}}$  [mol/s] można obliczyć w oparciu o masowe natężenie przepływu paliwa  $\dot{m}_{\text{fuel}}$ :

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{m}_{\text{fuel}} \cdot w_C \cdot (1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}})}{M_C \cdot x_{\text{Ccombdry}}} \quad (\text{zob. A.7-37})$$

gdzie:

$\dot{n}_{\text{exh}}$  = natężenie molowe przepływu spalin nierozcieńczonych, w którym mierzone są emisje

$\dot{m}_{\text{fuel}}$  = natężenie przepływu paliwa, z uwzględnieniem wilgotności w powietrzu dolotowym [g/s]

$w_C$  = ułamek masowy węgla dla danego paliwa [g/g]

$x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$  = ilość  $\text{H}_2\text{O}$  na jeden suchy mol zmierzonego przepływu [mol/mol]

$M_C$  = masa cząsteczkowa węgla 12,0107 g/mol

$x_{\text{Ccombdry}}$  = ilość węgla w spalinach pochodzącego z paliwa na jeden mol spalin w stanie suchym [mol/mol].

##### b) Pomiar

Natężenie molowe przepływu gazów spalinowych można zmierzyć za pomocą trzech układów:

- (i) Molowe natężenie przepływu przez PDP. Na podstawie prędkości, z jaką pompa wyporowa (PDP) pracuje w danym przedziale czasowym badania, odpowiednie nachylenie  $a_1$  i punkt przecięcia  $a_0$  [-], obliczone przy użyciu procedury wzorcowania z dodatku 1 do niniejszego załącznika, wykorzystuje się do obliczenia molowego natężenia przepływu  $\dot{n}$  [mol/s] w następujący sposób:

$$\dot{n} = f_{n,PDP} \cdot \frac{p_{in} \cdot V_{rev}}{R \cdot T_{in}} \quad (A.7-40)$$

gdzie:

$$V_{rev} = \frac{a_1}{f_{n,PDP}} \cdot \sqrt{\frac{p_{out} - p_{in}}{p_{in}}} + a_0 \quad (A.7-41)$$

gdzie:

$a_1$  = współczynnik wzorcowania [ $m^3/s$ ]

$a_0$  = współczynnik wzorcowania [ $m^3/obr.$ ]

$p_{in}, p_{out}$  = ciśnienie wlotowe/wylotowe [Pa]

$R$  = stała molowa gazu [J/(mol·K)]

$T_{in}$  = temperatura na wlocie [K]

$V_{rev}$  = objętość przepompowana przez PDP [ $m^3/obr.$ ]

$f_{n,PDP}$  = prędkość obrotowa PDP [obr./s].

- (ii) Molowe natężenie przepływu przez SSV. W oparciu o równanie  $C_d$  w zależności od  $R_e^{\#}$  wyznaczone zgodnie z dodatkiem 1 do niniejszego załącznika oblicza się molowe natężenie przepływu przez zwężkę Venturiego o przepływie poddźwiękowym (SSV) w czasie badania emisji  $\dot{n}$  [mol/s] w następujący sposób:

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (A.7-42)$$

gdzie:

$p_{in}$  = ciśnienie wlotowe [Pa]

$A_t$  = powierzchnia przekroju poprzecznego gardzieli zwężki Venturiego [ $m^2$ ]

$R$  = stała molowa gazu [J/(mol·K)]

$T_{in}$  = temperatura na wlocie [K]

$Z$  = współczynnik ściśliwości

$M_{mix}$  = masa molowa spalin rozcieńczonych [kg/mol]

$C_d$  = współczynnik wypływu SSV [-]

$C_f$  = współczynnik przepływu SSV [-].

- (iii) Molowe natężenie przepływu przez CFV. Aby obliczyć molowe natężenie przepływu przez pojedynczą zwężkę lub kombinację zwęzek Venturiego, wykorzystuje się jej odpowiednią średnią  $C_d$  i inne stałe wyznaczone zgodnie z dodatkiem 1 do niniejszego załącznika. Poniżej znajduje się obliczenie molowego natężenia przepływu przez zwężkę  $\dot{n}$  [mol/s] podczas badania emisji:

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (A.7-43)$$

gdzie:

$p_{in}$  = ciśnienie wlotowe [Pa]

$A_t$  = powierzchnia przekroju poprzecznego gardzieli zwężki Venturiego [ $m^2$ ]

$R$  = stała molowa gazu [J/(mol·K)]

$T_{in}$  = temperatura na wlocie [K]

$Z$  = współczynnik ściśliwości

$M_{mix}$  = masa molowa spalin rozcieńczonych [kg/mol]

$C_d$  = współczynnik wypływu CFV [-]

$C_f$  = współczynnik przepływu CFV [-].

#### A.7.4.4. Oznaczanie cząstek stałych

##### A.7.4.4.1. Pobieranie próbek

###### a) Pobieranie próbek ze zmiennego natężenia przepływu:

Jeżeli pobiera się próbkę okresową ze zmiennego natężenia przepływu spalin, to pobiera się próbkę proporcjonalną do zmieniającego się natężenia przepływu spalin. Natężenie przepływu całkuje się po przedziale czasowym badania w celu wyznaczenia przepływu całkowitego. Średnie stężenie cząstek stałych  $\bar{M}_{PM}$  (które jest już wyrażone w jednostkach masy na mol próbki) mnoży się przez przepływ całkowity, aby otrzymać masę całkowitą cząstek stałych  $m_{PM}$  [g]:

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^N (\dot{m}_i \cdot \Delta t_i) \quad (A.7-44)$$

gdzie:

$\dot{m}_i$  = chwilowe natężenie molowe przepływu spalin [mol/s]

$\bar{M}_{PM}$  = średnie stężenie cząstek stałych [g/mol]

$\Delta t_i$  = przedział czasowy pobierania próbek [s].

###### b) Pobieranie próbek ze stałego natężenia przepływu

Jeżeli pobiera się próbkę okresową ze stałego natężenia przepływu spalin, to wyznacza się średnie molowe natężenie przepływu, z którego pobierana jest próbka. Średnie stężenie cząstek stałych mnoży się przez przepływ całkowity, aby otrzymać masę całkowitą cząstek stałych  $m_{PM}$  [g]:

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \dot{m} \cdot \Delta t \quad (A.7-45)$$

gdzie:

$\dot{m}$  = natężenie molowe przepływu spalin [mol/s]

$\bar{M}_{PM}$  = średnie stężenie cząstek stałych [g/mol]

$\Delta t$  = czas trwania przedziału czasowego badania [s].

W przypadku próbkowania ze stałym stosunkiem rozcieńczenia (DR)  $m_{PM}$  [g] oblicza się z następującego równania:

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \quad (A.7-46)$$

gdzie:

$m_{PMdil}$  = masa cząstek stałych w powietrzu rozcieńczającym [g]

DR = stosunek rozcieńczenia [-] zdefiniowany jako stosunek masy emisji  $m$  do masy spalin rozcieńczonych  $m_{\text{dil/exh}}$  ( $DR = m/m_{\text{dil/exh}}$ ).

Stosunek rozcieńczenia DR można wyrazić jako funkcję  $x_{\text{dil/exh}}$ :

$$DR = \frac{1}{1 - x_{\text{dil/exh}}} \quad (\text{A.7-47})$$

#### A.7.4.4.2. Korekcja ze względu na tło

W celu skorygowania masy cząstek stałych o tło stosuje się takie samo podejście jak w pkt A.7.4.1. Poprzez pomnożenie  $\bar{M}_{\text{PMbk}_{\text{gnd}}}$  przez przepływ całkowity powietrza rozcieńczającego otrzymuje się masę całkowitą tła cząstek stałych ( $m_{\text{PMbk}_{\text{gnd}}}$  [g]). Po odjęciu masy całkowitej tła od masy całkowitej otrzymuje się masę cząstek stałych skorygowaną o tło  $m_{\text{PMcor}}$  [g]:

$$m_{\text{PMcor}} = m_{\text{PMuncor}} - \bar{M}_{\text{PMbk}_{\text{gnd}}} \cdot n_{\text{airdil}} \quad (\text{A.7-48})$$

gdzie:

$m_{\text{PMuncor}}$  = nieskorygowana masa cząstek stałych [g]

$\bar{M}_{\text{PMbk}_{\text{gnd}}}$  = średnie stężenie cząstek stałych w powietrzu rozcieńczającym [g/mol]

$n_{\text{airdil}}$  = przepływ molowy powietrza rozcieńczającego [mol].

#### A.7.5. Praca w cyklu i emisje jednostkowe

##### A.7.5.1. Emisje gazowe

##### A.7.5.1.1. Cykl niestacjonarny i cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami

Należy odnieść się do pkt A.7.3.1 i A.7.4.1 dla, odpowiednio, spalin nierozcieńczonych i rozcieńczonych. Otrzymane wartości mocy  $P_i$  [kW] całkuje się po przedziale czasowym badania. Pracę całkowitą  $W_{\text{act}}$  [kWh] oblicza się w następujący sposób:

$$W_{\text{act}} = \sum_{i=1}^N P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^N (n_i \cdot T_i) \quad (\text{A.7-49})$$

gdzie:

$P_i$  = chwilowa moc silnika [kW]

$n_i$  = chwilowa prędkość obrotowa silnika [ $\text{min}^{-1}$ ]

$T_i$  = chwilowy moment obrotowy silnika [N·m]

$W_{\text{act}}$  = rzeczywista praca w cyklu [kWh]

$f$  = częstotliwość próbkowania danych [Hz]

$N$  = liczba pomiarów [-].

Emisje jednostkowe  $e_{\text{gas}}$  [g/kWh] oblicza się w następujący sposób, w zależności od rodzaju cyklu badania.

$$e_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{A.7-50})$$

gdzie:

$m_{\text{gas}}$  = masa całkowita emisji [g/badanie]

$W_{\text{act}}$  = praca w cyklu [kWh].



W przypadku cyklu niestacjonarnego końcowy wynik badania  $e_{\text{gas}}$  [g/kWh] oblicza się jako średnią ważoną z wyników badania w cyklu zimnego rozruchu i badania w cyklu gorącego rozruchu zgodnie z następującym wzorem:

$$e_{\text{gas}} = \frac{(0,1 \cdot m_{\text{cold}}) + (0,9 \cdot m_{\text{hot}})}{(0,1 \cdot W_{\text{actcold}}) + (0,9 \cdot W_{\text{acthot}}} \quad (\text{A.7-51})$$

W przypadku nieczęstej (okresowej) regeneracji spalin (pkt 6.6.2) emisje jednostkowe należy skorygować przy użyciu mnożnikowego współczynnika poprawkowego  $k_r$  (równanie (6-4)) lub przy użyciu dwóch oddzielnych par addytywnych współczynników poprawkowych  $k_{Ur}$  (współczynnik w górę dla równania (6-5)) i  $k_{Dr}$  (współczynnik w dół dla równania (6-6)).

#### A.7.5.1.2. Cykl stacjonarny z fazami dyskretnymi

Emisje jednostkowe  $e_{\text{gas}}$  [g/kWh] oblicza się w następujący sposób:

$$e_{\text{gas}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} (\dot{m}_{\text{gas}i} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.7-52})$$

gdzie:

$\dot{m}_{\text{gas},i}$  = średnie masowe natężenie przepływu emisji dla fazy  $i$  [g/h]

$P_i$  = moc silnika dla fazy  $i$  [kW], przy czym  $P_i = P_{\text{max}i} + P_{\text{aux}i}$  (zob. pkt 6.3 i 7.7.1.2)

$WF_i$  = współczynnik wagowy dla fazy  $i$  [-].

#### A.7.5.2. Emisje cząstek stałych

##### A.7.5.2.1. Cykl niestacjonarny i cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami

Emisje jednostkowe cząstek stałych oblicza się przy użyciu równania (A.7-50), gdzie w miejsce  $e_{\text{gas}}$  [g/kWh] i  $m_{\text{gas}}$  [g/badanie] podstawia się, odpowiednio,  $e_{\text{PM}}$  [g/kWh] i  $m_{\text{PM}}$  [g/badanie]:

$$e_{\text{PM}} = \frac{m_{\text{PM}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{A.7-53})$$

gdzie:

$m_{\text{PM}}$  = masa całkowita emisji cząstek stałych obliczona zgodnie z pkt A.8.3.4 [g/badanie]

$W_{\text{act}}$  = praca w cyklu [kWh].

Emisje dla złożonego cyklu niestacjonarnego (tj. faza zimna i faza gorąca) oblicza się zgodnie z pkt A.7.5.1.

##### A.7.5.2.2. Cykl stacjonarny z fazami dyskretnymi

Emisję jednostkową cząstek stałych  $e_{\text{PM}}$  [g/kWh] oblicza się w następujący sposób:

###### A.7.5.2.2.1. Dla metody jednofiltrowej

$$e_{\text{PM}} = \frac{\dot{m}_{\text{PM}}}{\sum_{i=1}^N (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.7-54})$$

gdzie:

$P_i$  = moc silnika dla fazy  $i$  [kW], przy czym  $P_i = P_{\text{max}i} + P_{\text{aux}i}$  (zob. pkt 6.3 i 7.7.1.2)

$WF_i$  = współczynnik wagowy dla fazy  $i$  [-]

$\dot{m}_{\text{PM}}$  = masowe natężenie przepływu cząstek stałych [g/h].

A.7.5.2.2.2. Dla metody wielofiltrowej

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^N (\dot{m}_{PMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^N (P_i \cdot WF_i)} \quad (A.7-55)$$

gdzie:

$P_i$  = moc silnika dla fazy  $i$  [kW], przy czym  $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$  (zob. pkt 6.3 i 7.7.1.2)

$WF_i$  = współczynnik wagowy dla fazy  $i$  [-]

$\dot{m}_{PMi}$  = masowe natężenie przepływu cząstek stałych dla fazy  $i$  [g/h].

Dla metody jednofiltrowej efektywny współczynnik wagowy  $WF_{effi}$  dla każdej z faz oblicza się w następujący sposób:

$$WF_{effi} = \frac{m_{smpldexhi} \cdot \overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}}{m_{smpldex} \cdot \dot{m}_{eqdexhweti}} \quad (A.7-56)$$

gdzie:

$m_{smpldexhi}$  = masa próbki rozcieńczonych spalin przepuszczonych **przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych w fazie  $i$**  [kg]

$m_{smpldex}$  = masa próbki rozcieńczonych spalin przepuszczonych przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych [kg].

$\dot{m}_{eqdexhweti}$  = równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych dla fazy  $i$  [kg/s]

$\overline{\dot{m}_{eqdexhweti}}$  = średnie równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych [kg/s].

Wartość efektywnego współczynnika wagowego nie może się różnić o więcej niż  $\pm 0,005$  (wartość bezwzględna) od wartości współczynników wagowych podanych w załączniku 5.

## Dodatek A.7.1

**Wzorcowanie przepływomierzy spalin rozcieńczonych (CVS)**

W niniejszym dodatku 1 opisano obliczenia służące do wzorcowania poszczególnych przepływomierzy. W pkt A.7.6.1 niniejszego dodatku 1 opisano najpierw, jak przekształcić dane wyjściowe z przepływomierza odniesienia, aby wykonać je w równaniach wzorcowania, które opierają się na stężeniu molowym. W pozostałych punktach opisano obliczenia wzorcowania, które dotyczą poszczególnych rodzajów przepływomierzy.

## A.7.6.1. Przekształcenia dotyczące przepływomierza odniesienia

Równania wzorcowania w niniejszej sekcji wykorzystują molowe natężenie przepływu,  $\dot{n}_{ref}$ , jako wielkość odniesienia. Jeżeli przyjęty przepływomierz odniesienia wskazuje natężenie przepływu w postaci innej wielkości, np. standardowego natężenia objętościowego  $\dot{V}_{stdref}$ , rzeczywistego natężenia objętościowego  $\dot{V}_{actref}$  lub natężenia masowego  $\dot{m}_{ref}$ , to wskazania miernika odniesienia należy przekształcić na molowe natężenie przepływu przy użyciu następujących równań, uwzględniając, że chociaż wartości natężenia objętościowego, natężenia masowego, ciśnienia, temperatury i masy molowej mogą się zmieniać w czasie badania emisji, to należy je utrzymywać na możliwie stałym poziomie dla każdego punktu ustalonego podczas wzorcowania przepływomierza:

$$\dot{n}_{ref} = \frac{\dot{V}_{stdref} \cdot p_{std}}{T_{std} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{actref} \cdot p_{act}}{T_{act} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{ref}}{M_{mix}} \quad (\text{A.7-57})$$

gdzie:

$\dot{n}_{ref}$  = molowe natężenie przepływu odniesienia [mol/s]

$\dot{V}_{stdref}$  = objętościowe natężenie przepływu odniesienia skorygowane do wartości normalnych ciśnienia i temperatury [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\dot{V}_{actref}$  = objętościowe natężenie przepływu odniesienia dla rzeczywistych wartości ciśnienia i temperatury [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\dot{m}_{ref}$  = masowy przepływ odniesienia [g/s]

$p_{std}$  = ciśnienie normalne [Pa]

$p_{act}$  = rzeczywiste ciśnienie gazu [Pa]

$T_{std}$  = temperatura normalna [K]

$T_{act}$  = rzeczywista temperatura gazu [K]

$R$  = stała molowa gazu [J/(mol · K)]

$M_{mix}$  = masa molowa gazu [g/mol].

## A.7.6.2. Obliczenia wzorcowania pompy wyporowej (PDP)

Dla każdego położenia zaworu dławiącego oblicza się następujące wartości z wartości średnich wyznaczonych w pkt 8.1.8.4 w następujący sposób:

a) Objętość przepompowywana na jeden obrót,  $V_{rev}$  ( $\text{m}^3/\text{obr.}$ ):

$$V_{rev} = \frac{\bar{n}_{ref} \cdot R \cdot \bar{T}_{in}}{\bar{p}_{in} \cdot \bar{f}_{nPDP}} \quad (\text{A.7-58})$$

gdzie:

$\bar{n}_{ref}$  = wartość średnia molowego natężenia przepływu odniesienia [mol/s]

$R$  = stała molowa gazu [J/(mol · K)]

$\bar{T}_{in}$  = średnia temperatura na wlocie [K]

$\bar{p}_{in}$  = średnie ciśnienie na wlocie [Pa]

$\bar{f}_{nPDP}$  = średnia prędkość obrotowa [obr./min].

b) Współczynnik poprawkowy poślizgu PDP,  $K_s$  [s/obr.]:

$$K_s = \frac{1}{\bar{f}_{nPDP}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}_{out} - \bar{p}_{in}}{\bar{p}_{out}}} \quad (\text{A.7-59})$$

gdzie:

$\bar{i}_{ref}$  = średnie molowe natężenie przepływu odniesienia [mol/s]

$\bar{T}_{in}$  = średnia temperatura na wlocie [K]

$\bar{p}_{in}$  = średnie ciśnienie na wlocie [Pa]

$\bar{p}_{out}$  = średnie ciśnienie na wylocie [Pa]

$\bar{f}_{nPDP}$  = średnia prędkość obrotowa PDP [obr./min]

R = stała molowa gazu [J/(mol · K)].

- c) Przeprowadza się regresję metodą najmniejszych kwadratów w odniesieniu do objętości PDP przepompowywanej na jeden obrót,  $V_{rev}$ , w zależności od współczynnika poprawkowego poślizgu PDP,  $K_s$ , poprzez obliczenie nachylenia  $a_1$  i punktu przecięcia  $a_0$ , jak opisano w dodatku A.2 do załącznika 4B.
- d) Procedurę z lit. a)–c) niniejszego punktu powtarza się dla każdej prędkości pracy PDP.
- e) W tabeli poniżej przedstawiono te obliczenia dla różnych wartości  $\bar{f}_{nPDP}$ :

Tabela A.7.2

**Przykłady danych do wzorcowania PDP**

| $\bar{f}_{nPDP}$ [obr./min] | $\bar{f}_{nPDP}$ [obr./s] | $a_1$ [m <sup>3</sup> /min] | $a_1$ [m <sup>3</sup> /s] | $a_0$ [m <sup>3</sup> /obr.] |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 755,0                       | 12,58                     | 50,43                       | 0,8405                    | 0,056                        |
| 987,6                       | 16,46                     | 49,86                       | 0,831                     | - 0,013                      |
| 1 254,5                     | 20,9                      | 48,54                       | 0,809                     | 0,028                        |
| 1 401,3                     | 23,355                    | 47,30                       | 0,7883                    | - 0,061                      |

- f) Dla każdej prędkości pracy PDP wykorzystuje się odpowiednie nachylenie  $a_1$  i punkt przecięcia  $a_0$  do obliczenia natężenia przepływu podczas badań emisji, jak opisano w pkt A.7.4.3 lit. b).

A.7.6.3. Równania rządzące i dopuszczalne założenia dla zwężki Venturiego

W niniejszej sekcji opisano równania rządzące i dopuszczalne założenia służące do wzorcowania zwężki Venturiego i obliczania przepływu przy pomocy zwężki Venturiego. Ponieważ zarówno zwężka Venturiego o przepływie poddźwiękowym (SSV), jak i zwężka Venturiego o przepływie krytycznym (CFV) działają w podobny sposób, ich równania rządzące są prawie takie same, oprócz równania opisującego ich stosunek ciśnień,  $r$  (tj.  $r_{SSV}$  do  $r_{CFV}$ ). Niniejsze równania rządzące zakładają jednowymiarowy, izentropowy, nielepki, ściśliwy przepływ gazu doskonałego. W pkt A.7.6.3 lit. d) opisano inne założenia, jakie można poczynić. Jeżeli niedozwolone jest założenie gazu doskonałego dla zmierzonego przepływu, to równania rządzące uwzględniają korektę pierwszego rzędu ze względu na zachowanie gazu rzeczywistego, mianowicie współczynnik ściśłości  $Z$ . Jeżeli właściwa ocena techniczna wskazuje, że należy użyć wartości innej niż  $Z = 1$ , można zastosować odpowiednie równanie stanu w celu wyznaczenia wartości  $Z$  jako funkcji zmierzonych wartości ciśnienia i temperatury lub też opracować szczególne równania wzorcowania w oparciu o właściwą ocenę techniczną. Należy zauważyć, że równanie na współczynnik przepływu,  $C_f$ , opiera się na założeniu gazu doskonałego, mianowicie że wykładnik izentropowy,  $\gamma$ , jest równy stosunkowi ciepła właściwych,  $c_p/c_v$ . Jeżeli właściwa ocena techniczna wskazuje, że należy użyć izentropowego wykładnika gazu rzeczywistego, można zastosować odpowiednie równanie stanu w celu wyznaczenia wartości  $\gamma$  jako funkcji zmierzonych wartości ciśnienia i temperatury lub też opracować szczególne równania wzorcowania. Molowe natężenie przepływu  $\dot{i}$  [mol/s] oblicza się w następujący sposób:

$$\dot{i} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (A.7-60)$$

gdzie:

$C_d$  = współczynnik wypływu wyznaczony w pkt A.7.6.3 lit. a) [-]

$C_f$  = współczynnik przepływu wyznaczony w pkt A.7.6.3 lit. b) [-]

$A_t$  = powierzchnia przekroju poprzecznego gardzieli zwężki Venturiego [m<sup>2</sup>]

$p_{in}$  = statyczne ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego [Pa]

$Z$  = współczynnik ściśliwości [-]

$M_{\text{mix}}$  = masa molowa mieszaniny gazowej [kg/mol]

$R$  = stała molowa gazu J/(mol · K)

$T_{\text{in}}$  = temperatura bezwzględna na wlocie zwężki Venturiego [K].

a) Przy użyciu danych zebranych w pkt 8.1.8.4 oblicza się  $C_d$  z następującego równania:

$$C_d = \dot{n}_{\text{ref}} \cdot \frac{\sqrt{Z \cdot M_{\text{mix}} \cdot R \cdot T_{\text{in}}}}{C_f \cdot A_t \cdot p_{\text{in}}} \quad (\text{A.7-61})$$

gdzie:

$\dot{n}_{\text{ref}}$  = molowe natężenie przepływu odniesienia [mol/s].

Pozostałe symbole jak w równaniu (A.7-60).

b)  $C_f$  wyznacza się przy użyciu jednej z następujących metod:

- (i) Tylko w przypadku przepływomierzy CFV  $C_{fCFV}$  wyznacza się z następującej tabeli na podstawie wartości dla  $\beta$  (stosunku gardzieli zwężki do średnic wlotowych) i  $\gamma$  (stosunku ciepła właściwych mieszaniny gazowej), wykorzystując interpolację liniową do wyznaczenia wartości pośrednich:

Tabela A.7.3

$C_{fCFV}$  w zależności od  $\beta$  i  $\gamma$  dla przepływomierzy CFV

| $\beta$ | $C_{fCFV}$                    |  |
|---------|-------------------------------|--|
|         | $\gamma_{\text{exh}} = 1,385$ | $\gamma_{\text{dexh}} = \gamma_{\text{air}} = 1,399$ |
| 0,000   | 0,6822                        | 0,6846   |
| 0,400   | 0,6857                        | 0,6881   |
| 0,500   | 0,6910                        | 0,6934   |
| 0,550   | 0,6953                        | 0,6977   |
| 0,600   | 0,7011                        | 0,7036   |
| 0,625   | 0,7047                        | 0,7072   |
| 0,650   | 0,7089                        | 0,7114   |
| 0,675   | 0,7137                        | 0,7163   |
| 0,700   | 0,7193                        | 0,7219   |
| 0,720   | 0,7245                        | 0,7271   |
| 0,740   | 0,7303                        | 0,7329   |
| 0,760   | 0,7368                        | 0,7395   |
| 0,770   | 0,7404                        | 0,7431   |
| 0,780   | 0,7442                        | 0,7470   |
| 0,790   | 0,7483                        | 0,7511   |
| 0,800   | 0,7527                        | 0,7555   |
| 0,810   | 0,7573                        | 0,7602   |
| 0,820   | 0,7624                        | 0,7652   |

| $C_{fCFV}$ |                        |  |
|------------|------------------------|--|
| $\beta$    | $\gamma_{exh} = 1,385$ | $\gamma_{dexh} = \gamma_{air} = 1,399$ |
| 0,830      | 0,7677                 | 0,7707                                 |
| 0,840      | 0,7735                 | 0,7765                                 |
| 0,850      | 0,7798                 | 0,7828                                 |

(ii) Dla przepływomierza CFV lub SSV można wykorzystać następujące równanie do obliczenia  $C_f$ :

$$C_f = \left[ \frac{2 \cdot \gamma \cdot \left( r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right) \cdot \gamma^{\frac{1}{2}}}{(\gamma - 1) \cdot \left( \beta^4 - r^{\frac{2}{\gamma}} \right)} \right] \quad (\text{A.7-62})$$

gdzie:

$\gamma$  = wykładnik izentropowy [-]. W przypadku gazu doskonałego jest to stosunek ciepł właściwych mieszaniny gazów,  $c_p/c_v$

$r$  = stosunek ciśnień wyznaczony w lit. c) (3) niniejszej sekcji

$\beta$  = stosunek średnicy gardzieli zwężki do średnicy wlotu.

c) Stosunek ciśnień  $r$  oblicza się w następujący sposób:

(i) Tylko dla układów SSV  $r_{SSV}$  oblicza się z następującego równania:

$$r_{SSV} = 1 - \frac{\Delta p_{SSV}}{P_{in}} \quad (\text{A.7-63})$$

gdzie:

$\Delta p_{SSV}$  = różnica ciśnień statycznych; na wlocie zwężki minus w gardzieli zwężki [Pa].

(ii) Tylko dla układów CFV  $r_{CFV}$  oblicza się iteracyjnie z następującego równania:

$$r_{CFV}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left( \frac{\gamma - 1}{2} \right) \cdot \beta^4 \cdot r_{CFV}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma + 1}{2} \quad (\text{A.7-64})$$

d) Można poczynić następujące założenia upraszczające do równań rządzących lub też opracować bardziej odpowiednie wartości do badań w oparciu o właściwą ocenę techniczną:

(i) w przypadku badania emisji w pełnych zakresach spalin nierozcieńczonych, spalin rozcieńczonych i powietrza rozcieńczającego można założyć, że mieszanina gazów zachowuje się jak gaz doskonały:  $Z = 1$ ;

(ii) w przypadku pełnego zakresu spalin nierozcieńczonych można założyć stały stosunek ciepł właściwych wynoszący  $\gamma = 1,385$ ;

(iii) w przypadku pełnego zakresu spalin rozcieńczonych i powietrza (np. powietrza wzorcowego lub powietrza rozcieńczającego) można założyć stały stosunek ciepł właściwych wynoszący  $\gamma = 1,399$ ;

(iv) w przypadku pełnego zakresu spalin rozcieńczonych i powietrza masę molową mieszaniny  $M_{mix}$  [g/mol] można uznać za funkcję jedynie ilości wody w powietrzu rozcieńczającym lub powietrzu wzorcowym,  $x_{H_2O}$ , wyznaczonej zgodnie z pkt A.7.1.2, w następujący sposób:

$$M_{mix} = M_{air} \cdot (1 - x_{H_2O}) + M_{H_2O} \cdot (x_{H_2O}) \quad (\text{A.7-65})$$

gdzie:

$$M_{air} = 28,96559 \text{ g/mol}$$

$$M_{H_2O} = 18,01528 \text{ g/mol}$$

$$x_{H_2O} = \text{ilość wody w powietrzu rozcieńczającym lub wzorcowym [mol/mol]}.$$

(v) w przypadku pełnego zakresu spalin rozcieńczonych i powietrza można przyjąć stałą masę molową mieszaniny,  $M_{mix}$ , dla wszystkich wzorcowań i wszystkich badań, o ile przyjęta masa molowa nie różni się o więcej niż  $\pm 1\%$  od oszacowanej minimalnej i maksymalnej masy molowej podczas wzorcowania i badań. Takie założenie można przyjąć przy zapewnieniu wystarczającej kontroli ilości wody w powietrzu wzorcowym i w powietrzu rozcieńczającym lub przy usunięciu wystarczającej ilości

wody zarówno z powietrza wzorcowego, jak i powietrza rozcieńczającego. W tabeli poniżej podano przykłady dopuszczalnych zakresów punktu rosy powietrza rozcieńczającego w zależności od punktu rosy powietrza wzorcowego.

Tabela A.7.4

**Przykłady punktów rosy dla powietrza rozcieńczającego i powietrza wzorcowego, dla których można przyjąć stałą wartość  $M_{\text{mix}}$**

| Jeżeli wzorcowy punkt rosy $T_{\text{dew}}$ (°C) wynosi... | przyjmuje się następującą wartość stałą $M_{\text{mix}}$ (g/mol) | dla następujących zakresów $T_{\text{dew}}$ (°C) podczas badań emisji <sup>(e)</sup> |
|--|--|--|
| stan suchy   | 28,96559   | od stanu suchego do 18   |
| 0  | 28,89263   | od stanu suchego do 21   |
| 5  | 28,86148   | od stanu suchego do 22   |
| 10   | 28,81911   | od stanu suchego do 24   |
| 15   | 28,76224   | od stanu suchego do 26   |
| 20   | 28,68685   | Od - 8 do 28   |
| 25   | 28,58806   | od 12 do 31  |
| 30   | 28,46005   | od 23 do 34  |

<sup>(e)</sup> Zakres ważny dla wszystkich wzorcowań i badań emisji w zakresie ciśnienia atmosferycznego (od 80 000 do 103 325) kPa.

#### A.7.6.4 Wzorcowanie SSV

a) Podejście molowe. Aby wywzorcować przepływomierz SSV, wykonuje się następujące czynności:

- (i) liczbę Reynoldsa,  $Re^{\#}$ , dla każdego molowego natężenia przepływu odniesienia oblicza się przy użyciu średnicy gardzieli zwężki Venturiego,  $d_t$ . Ponieważ do obliczenia  $Re^{\#}$  konieczna jest lepkość dynamiczna  $\mu$ , można użyć modelu lepkości właściwej, aby wyznaczyć  $\mu$  dla gazu wzorcowego (z reguły powietrza), opierając się na właściwej ocenie technicznej. Alternatywnie do przybliżenia  $\mu$  można zastosować model lepkości Sutherlanda z trzema współczynnikami:

$$Re^{\#} = \frac{4 \cdot M_{\text{mix}} \cdot \dot{m}_{\text{ref}}}{\pi \cdot d_t \cdot \mu} \quad (\text{A.7-66})$$

gdzie:

$d_t$  = średnica gardzieli SSV [m]

$M_{\text{mix}}$  = masa molowa mieszaniny [kg/mol]

$\dot{m}_{\text{ref}}$  = molowe natężenie przepływu odniesienia [mol/s]

oraz przy użyciu modelu lepkości Sutherlanda z trzema współczynnikami:

$$\mu = \mu_0 \left( \frac{T_{\text{in}}}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{T_0 + S}{T_{\text{in}} + S} \right) \quad (\text{A.7-67})$$

gdzie:

$\mu$  = lepkość dynamiczna gazu wzorcowego [kg/(m·s)]

$\mu_0$  = lepkość odniesienia Sutherlanda [kg/(m·s)]

$S$  = stała Sutherlanda [K]

$T_0$  = temperatura odniesienia Sutherlanda [K]

$T_{\text{in}}$  = temperatura bezwzględna na wlocie zwężki Venturiego [K].

Tabela A.7.5

## Parametry modelu lepkości Sutherlanda z trzema współczynnikami

| Gaz <sup>(a)</sup> | $\mu_0$                | $T_0$ | S     | Zakres temperatury<br>w granicach błędu<br>$\pm 2\%$ | Ciśnienie graniczne |
|--------------------|------------------------|-------|-------|--|---------------------|
|                    | kg/(m·s)               | K     | K     | K  | kPa                 |
| Powietrze          | $1,716 \times 10^{-5}$ | 273   | 111   | 170–1 900  | $\leq 1\ 800$       |
| CO <sub>2</sub>    | $1,370 \times 10^{-5}$ | 273   | 222   | 190–1 700  | $\leq 3\ 600$       |
| H <sub>2</sub> O   | $1,12 \times 10^{-5}$  | 350   | 1 064 | 360–1 500  | $\leq 10\ 000$      |
| O <sub>2</sub>     | $1,919 \times 10^{-5}$ | 273   | 139   | 190–2 000  | $\leq 2\ 500$       |
| N <sub>2</sub>     | $1,663 \times 10^{-5}$ | 273   | 107   | 100–1 500  | $\leq 1\ 600$       |

<sup>(a)</sup> Do wymienionych gazów czystych stosuje się tylko parametry stabilizowane. Nie łączy się parametrów do obliczania lepkości mieszanin gazów.

- (ii) tworzy się równanie na  $C_d$  w zależności od  $Re^\#$  przy zastosowaniu sparowanych wartości ( $Re^\#$ ,  $C_d$ ).  $C_d$  oblicza się z równania (A.7-61), przy  $C_f$  uzyskanym z równania (A.7-62), lub stosuje się dowolne wyrażenie matematyczne, w tym wielomian lub szereg potęgowy. Poniższe równanie to typowy przykład powszechnie stosowanego wyrażenia matematycznego dla zależności  $C_d$  i  $Re^\#$ ;

$$C_d = a_0 - a_1 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{Re^\#}} \quad (\text{A.7-68})$$

- (iii) wykonuje się analizę regresji metodą najmniejszych kwadratów, aby wyznaczyć najlepiej pasujące współczynniki do równania i obliczyć statystyki regresji równania, standardowy błąd szacunku  $SEE$  i współczynnik determinacji  $r^2$  zgodnie z dodatkiem A.2 do załącznika 4B;
- (iv) jeżeli równanie spełnia kryteria  $SEE < 0,5 \cdot \dot{m}_{\text{ref max}}$  (lub  $\dot{m}_{\text{ref max}}$ ) oraz  $r^2 \geq 0,995$ , to równanie można wykorzystać do wyznaczenia  $C_d$  do badań emisji, jak opisano w pkt A.7.4.3 lit. b);
- (v) jeżeli kryteria dotyczące  $SEE$  i  $r^2$  nie są spełnione, to można zastosować właściwą ocenę techniczną, aby pominąć punkty danych wzorcowania w celu spełnienia statystyk regresji. W celu spełnienia kryteriów stosuje się co najmniej siedem punktów danych wzorcowania;
- (vi) jeżeli pominięcie punktów nie rozwiązuje wartości oddalonych, to należy podjąć działania naprawcze. Na przykład można wybrać inne wyrażenie matematyczne do  $C_d$  w zależności od  $Re^\#$ , sprawdzić szczelność lub powtórzyć proces wzorcowania. Jeżeli proces będzie powtarzany, to do pomiarów stosuje się surowsze tolerancje i pozostawia więcej czasu na ustabilizowanie się przepływów;
- (vii) po uzyskaniu zgodności równania z kryteriami regresji równanie to można stosować tylko do wyznaczania natężeń przepływu, które mieszczą się w zakresie natężeń przepływu odniesienia stosowanych do spełnienia kryteriów regresji równania na  $C_d$  w zależności od  $Re^\#$ .

## A.7.6.5. Wzorcowanie CFV

- a) Podejście molowe. Niektóre przepływomierze CFV składają się z pojedynczej zwężki Venturiego, a inne z wielu zwęzek, gdzie różne kombinacje zwęzek Venturiego stosowane są do pomiaru różnych natężeń przepływu. W przypadku przepływomierzy CFV składających się z kilku zwęzek Venturiego można wykonać wzorcowanie każdej zwężki niezależnie w celu wyznaczenia oddzielnego współczynnika wypływu  $C_d$  dla każdej zwężki lub wykonać wzorcowanie każdej kombinacji zwęzek jako jednej zwężki. W przypadku wzorcowania kombinacji zwęzek suma aktywnej powierzchni gardzieli zwęzek jest wykorzystywana jako  $A$ , pierwiastek kwadratowy z sumy kwadratów średnic aktywnych gardzieli zwęzek jako  $d_t$  oraz stosunek średnicy gardzieli zwężki do średnicy wlotu jako stosunek pierwiastka kwadratowego z sumy średnic aktywnych gardzieli zwęzek ( $d_s$ ) do średnicy wspólnego wejścia do wszystkich zwęzek Venturiego ( $D$ ). Aby wyznaczyć  $C_d$  dla pojedynczej zwężki Venturiego lub pojedynczej kombinacji zwęzek, wykonuje się następujące czynności:



- (i) w oparciu o dane zgromadzone dla każdego ustalonego punktu wzorcowego oblicza się indywidualne wartości  $C_d$  dla każdego punktu przy użyciu równania (A.7-60);
- (ii) oblicza się średnią i odchylenie standardowe wszystkich wartości  $C_d$  zgodnie z równaniami (A.2-1) i (A.2-2);
- (iii) jeżeli odchylenie standardowe wszystkich wartości  $C_d$  jest mniejsze lub równe 0,3 % średniej wartości  $C_d$ , to w równaniu (A.7-43) wykorzystuje się średnią  $C_d$ , a CFV stosuje się tylko w zakresie do najmniejszego  $r$  zmierzonego podczas wzorcowania;

$$r = 1 - (\Delta p/p_{in}) \quad (A.7-69)$$

- (iv) jeżeli odchylenie standardowe wszystkich wartości  $C_d$  przekracza 0,3 % średniej  $C_d$ , to wartości  $C_d$  odpowiadające punktowi danych dla najmniejszego  $r$  zmierzonego podczas wzorcowania należy pominąć;
  - (v) jeżeli liczba pozostałych punktów danych wynosi mniej niż siedem, to podejmuje się działania naprawcze polegające na sprawdzeniu danych wzorcowych lub powtórzeniu procesu wzorcowania. Jeżeli proces wzorcowania jest powtarzany, to zaleca się sprawdzenie szczelności, stosowanie surowszych tolerancji do pomiarów oraz pozostawienie więcej czasu na ustabilizowanie się przepływów;
  - (vi) jeżeli liczba pozostałych wartości  $C_d$  wynosi co najmniej siedem, to oblicza się średnią i odchylenie standardowe dla pozostałych wartości  $C_d$ ;
  - (vii) jeżeli odchylenie standardowe pozostałych wartości  $C_d$  jest mniejsze lub równe 0,3 % średniej z pozostałych wartości  $C_d$ , to taką średnią  $C_d$  wykorzystuje się w równaniu (A.7-43) i wartości CFV stosuje się tylko w zakresie do najmniejszego  $r$  powiązanego z pozostałymi wartościami  $C_d$ ;
  - (viii) jeżeli odchylenie standardowe pozostałych wartości  $C_d$  nadal przekracza 0,3 % średniej z pozostałych wartości  $C_d$ , to powtarza się czynności z lit. a) ppkt (iv)–(viii) niniejszego punktu.
-

## Dodatek A.7.2

**Korekcja ze względu na pełzanie**

## A.7.7.1. Zakres i częstotliwość

Obliczenia z niniejszego dodatku 2 wykonuje się w celu określenia, czy błąd pełzania analizatora gazowego unieważnia wyniki z danego przedziału czasowego badania. Jeżeli błąd pełzania nie unieważnia wyników z danego przedziału czasowego badania, to odpowiedzi analizatora gazowego dla danego przedziału czasowego badania koryguje się pod względem pełzania zgodnie z niniejszym dodatkiem 2. Odpowiedzi analizatora gazowego skorygowane pod względem pełzania wykorzystuje się do wszystkich dalszych obliczeń emisji. Dopuszczalny próg pełzania analizatora gazowego w danym przedziale czasowym badania został określony w pkt 8.2.2.2.

## A.7.7.2. Zasady korekcji

W obliczeniach w niniejszym dodatku 2 wykorzystuje się odpowiedzi analizatora gazowego na stężenia odniesienia – stężenia zerowe i stężenia do ustawiania zakresu pomiarowego gazów analitycznych, oznaczone przed przedziałem czasowym badania i po takim przedziale. Obliczenia wykorzystuje się do korekcji odpowiedzi analizatora gazowego zarejestrowanych podczas przedziału czasowego badania. Korekcja opiera się na średnich odpowiedziach analizatora na gazy odniesienia – gazy zerowe i gazy do ustawiania zakresu pomiarowego oraz na stężeniach odniesienia samych gazów zerowych i gazów do ustawiania zakresu pomiarowego. Walidację i korekcję ze względu na pełzanie wykonuje się w następujący sposób:

## A.7.7.3. Walidacja pełzania

Po zastosowaniu wszystkich pozostałych poprawek do wszystkich sygnałów analizatora gazowego, poza korekcją ze względu na pełzanie, oblicza się emisje jednostkowe zgodnie z pkt A.7.5 dodatku A.7 do załącznika 4B. Następnie wszystkie sygnały z analizatora gazowego koryguje się pod względem pełzania zgodnie z niniejszym dodatkiem. Następnie dokonuje się ponownego obliczenia emisji jednostkowych przy użyciu wszystkich sygnałów z analizatora gazowego skorygowanych pod względem pełzania. Wyniki dla emisji jednostkowych poddaje się walidacji i odnotowuje ich wartości przed korekcją i po korekcji ze względu na pełzanie zgodnie z pkt 8.2.2.2.

## A.7.7.4. Korekcja ze względu na pełzanie

Wszystkie sygnały z analizatora gazowego koryguje się w następujący sposób:

- każde odnotowane stężenie,  $x_i$ , należy skorygować ze względu na ciągłe lub okresowe pobieranie próbek,  $\bar{x}$ ;
- korekcję ze względu na pełzanie wprowadza się przy użyciu następującego równania:

$$x_{\text{idriftcor}} = x_{\text{refzero}} + (x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}) \cdot \frac{2x_i - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})}{(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}) - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})} \cdot (A.7 - 70)$$

gdzie:

- $x_{\text{idriftcor}}$  = stężenie skorygowane ze względu na pełzanie [ $\mu\text{mol/mol}$ ]
- $x_{\text{refzero}}$  = stężenie odniesienia gazu zerowego, które zwykle wynosi zero, o ile nie podano inaczej [ $\mu\text{mol/mol}$ ]
- $x_{\text{refspan}}$  = stężenie odniesienia gazu do ustawiania zakresu pomiarowego [ $\mu\text{mol/mol}$ ]
- $x_{\text{prespan}}$  = odpowiedź analizatora gazowego na stężenie gazu do ustawiania zakresu pomiarowego odnotowana przed rozpoczęciem przedziału czasowego badania [ $\mu\text{mol/mol}$ ]
- $x_{\text{postspan}}$  = odpowiedź analizatora gazowego na stężenie gazu do ustawiania zakresu pomiarowego odnotowana po zakończeniu przedziału czasowego badania [ $\mu\text{mol/mol}$ ]
- $x_i$  lub  $\bar{x}$  = stężenie zarejestrowane, tj. zmierzone, podczas badania przed zastosowaniem korekcji ze względu na pełzanie [ $\mu\text{mol/mol}$ ]
- $x_{\text{prezero}}$  = odpowiedź analizatora gazowego na stężenie gazu zerowego odnotowana przed rozpoczęciem przedziału czasowego badania [ $\mu\text{mol/mol}$ ]
- $x_{\text{postzero}}$  = odpowiedź analizatora gazowego na stężenie gazu zerowego odnotowana po zakończeniu przedziału czasowego badania [ $\mu\text{mol/mol}$ ];

- w odniesieniu do wszelkich stężeń przed rozpoczęciem przedziału czasowego badania wykorzystuje się ostatnie stężenia oznaczone przed danym przedziałem czasowym badania. W przypadku niektórych przedziałów czasowych pomiar ostatnich stężeń gazu zerowego lub gazu do ustawiania zakresu pomiarowego mógł nastąpić przed jednym wcześniejszym przedziałem czasowym badania lub przed większą ich liczbą;
- w odniesieniu do wszelkich stężeń po zakończeniu przedziału czasowego badania wykorzystuje się stężenia oznaczone jak najwcześniej po zakończeniu przedziału czasowego badania. W przypadku niektórych przedziałów czasowych takie najwcześniejsze pomiary stężeń gazu zerowego lub gazu do ustawiania zakresu pomiarowego mogą nastąpić po jednym kolejnym przedziale czasowym badania lub po większej ich liczbie;

- e) jeżeli nie zarejestrowano odpowiedzi analizatora na stężenie gazu do ustawiania zakresu pomiarowego przed rozpoczęciem przedziału czasowego badania ( $x_{\text{prespan}}$ ), to taką wartość  $x_{\text{prespan}}$  przyjmuje się za równą stężeniu odniesienia gazu do ustawiania zakresu pomiarowego:  $x_{\text{prespan}} = x_{\text{refspan}}$
- f) jeżeli nie zarejestrowano odpowiedzi analizatora na stężenie gazu zerowego przed rozpoczęciem przedziału czasowego badania ( $x_{\text{prezero}}$ ), to taką wartość  $x_{\text{prezero}}$  przyjmuje się za równą stężeniu odniesienia gazu zerowego:  $x_{\text{prezero}} = x_{\text{refzero}}$
- g) z reguły stężenie odniesienia gazu zerowego,  $x_{\text{refzero}}$ , wynosi zero:  $x_{\text{refzero}} = 0 \mu\text{mol/mol}$ . W niektórych przypadkach może być jednak wiadomo, że  $x_{\text{refzero}}$  ma stężenie różne od zera. Na przykład jeżeli analizator  $\text{CO}_2$  jest zerowany przy użyciu powietrza otoczenia, to można zastosować domyślne stężenie  $\text{CO}_2$  w powietrzu otoczenia wynoszące  $375 \mu\text{mol/mol}$ . W takim przypadku  $x_{\text{refzero}} = 375 \mu\text{mol/mol}$ . Jeżeli analizator zeruje się przy użyciu  $x_{\text{refzero}}$  różnego od zera, to analizator ustawia się tak, aby wskazywał rzeczywiste stężenie  $x_{\text{refzero}}$ . Na przykład jeżeli  $x_{\text{refzero}} = 375 \mu\text{mol/mol}$ , to analizator ustawia się, aby wskazywał wartość  $375 \mu\text{mol/mol}$ , kiedy przez analizator przepływa gaz zerowy.
-

## Dodatek A.8

## Obliczenia emisji w oparciu o masę

A.8.0. Konwersja symboli

A.8.0.1. Symbole ogólne

| Dodatek A.8 | Dodatek A.7 | Jednostka  | Wielkość   |
|-------------|-------------|--|--|
| $b, D_0$    | $a_0$       | d.u. (3)   | Rzędna punktu przecięcia linii regresji z osią $y$                                   |
| $m$         | $a_1$       | d.u. (3)   | Nachylenie linii regresji  |
| $A/F_{st}$  |             | —  | Stosunek stechiometryczny powietrza do paliwa  |
| $C_d$       | $C_d$       | —  | Współczynnik wypływu   |
| $c$         | $x$         | ppm, % obj.  | Stężenie ( $\mu\text{mol/mol} = \text{ppm}$ )  |
| $c_d$       | 1           | ppm, % obj.  | Stężenie w stanie suchym   |
| $c_w$       | 1           | ppm, % obj.  | Stężenie w stanie mokrym   |
| $c_b$       | 1           | ppm, % obj.  | Stężenie tła   |
| $D$         | $x_{dil}$   | —  | Współczynnik rozcieńczenia (2)   |
| $D_0$       |             | $\text{m}^3/\text{obr.}$                                 | Punkt przecięcia do wzorcowania pompy waporowej                                      |
| $d$         | $d$         | m  | Średnica   |
| $d_V$       |             | m  | Średnica gardzieli zwężki Venturiego   |
| $e$         | $e$         | g/kWh  | Emisje jednostkowe   |
| $e_{gas}$   | $e_{gas}$   | g/kWh  | Jednostkowa emisja składników gazowych   |
| $e_{PM}$    | $e_{PM}$    | g/kWh  | Jednostkowa emisja cząstek stałych   |
| $E$         | $1 - PF$    | %  | Sprawność konwersji (PF = współczynnik przenikania)                                  |
| $F_s$       |             | —  | Współczynnik stechiometryczny  |
| $f_c$       |             | —  | Współczynnik węglowy   |
| $H$         |             | g/kg   | Wilgotność bezwzględna   |
| $K_V$       |             | $[(\sqrt{K} \cdot \text{m}^4 \cdot \text{s})/\text{kg}]$ | Funkcja wzorcowania CFV  |
| $k_f$       |             | $\text{m}^3/\text{kg}$ paliwa                            | Współczynnik właściwy dla paliwa   |
| $k_h$       |             | —  | Współczynnik korekcji wilgotności dla $\text{NO}_x$ , silniki z zapłonem samoczynnym |
| $k_{Dr}$    | $k_{Dr}$    | —  | Współczynnik poprawkowy w dół  |
| $k_r$       | $k_r$       | —  | Współczynnik mnożnikowy regeneracji  |

| Dodatek A.8 | Dodatek A.7 | Jednostka  | Wielkość  |
|-------------|-------------|------------|---|
| $k_{Ur}$    | $k_{Ur}$    | —          | Współczynnik poprawkowy w górę  |
| $k_{w,a}$   |             | —          | Współczynnik korekcji powietrza dolotowego ze stanu suchego na mokry                                    |
| $k_{w,d}$   |             | —          | Współczynnik korekcji powietrza rozcieńczającego ze stanu suchego na mokry                              |
| $k_{w,e}$   |             | —          | Współczynnik korekcji spalin rozcieńczonych ze stanu suchego na mokry                                   |
| $k_{w,r}$   |             | —          | Współczynnik korekcji spalin nierozcieńczonych ze stanu suchego na mokry                                |
| $\mu$       | $\mu$       | kg/(m · s) | Lepkość dynamiczna  |
| $M$         | $M$         | g/mol      | Masa molowa ( <sup>3</sup> )  |
| $M_a$       | 1           | g/mol      | Masa molowa powietrza dolotowego  |
| $M_e$       | 1           | g/mol      | Masa molowa spalin  |
| $M_{gas}$   | $M_{gas}$   | g/mol      | Masa molowa składników gazowych   |
| $m$         | $m$         | kg         | Masa  |
| $q_m$       | $\dot{m}$   | kg/s       | Natężenie masowe  |
| $m_d$       | 1           | kg         | Masa próbki powietrza rozcieńczającego przechodzącego przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych |
| $m_{ed}$    | 1           | kg         | Masa całkowita spalin rozcieńczonych w cyklu  |
| $m_{edf}$   | 1           | kg         | Masa równoważnych spalin rozcieńczonych w cyklu   |
| $m_{ew}$    | 1           | kg         | Masa całkowita spalin w cyklu   |
| $m_f$       | 1           | mg         | Masa zebranej próbki cząstek stałych  |
| $m_{f,d}$   | 1           | mg         | Masa zebranej próbki cząstek stałych w powietrzu rozcieńczającym  |
| $m_{gas}$   | $m_{gas}$   | g          | Masa emisji gazowych w cyklu badania  |
| $m_{PM}$    | $m_{PM}$    | g          | Masa emisji cząstek stałych w cyklu badania   |
| $m_{se}$    | 1           | kg         | Masa próbki spalin pobranej w cyklu badania   |
| $m_{sed}$   | 1           | kg         | Masa rozcieńczonych spalin przechodzących przez tunel rozcieńczający                                    |

| Dodatek A.8 | Dodatek A.7              | Jednostka         | Wielkość  |
|-------------|--------------------------|-------------------|---|
| $m_{sep}$   | 1                        | kg                | Masa rozcieńczonych spalin przechodzących przez filtry cząstek stałych          |
| $m_{ssd}$   |                          | kg                | Masa wtórnego powietrza rozcieńczającego  |
| $n$         | $f_n$                    | $\text{min}^{-1}$ | Prędkość obrotowa silnika   |
| $n_p$       |                          | obr./s            | Prędkość obrotowa pompy PDP   |
| $P$         | $P$                      | kW                | Moc   |
| $p$         | $p$                      | kPa               | Ciśnienie   |
| $p_a$       |                          | kPa               | Ciśnienie atmosferyczne powietrza suchego                                       |
| $p_b$       |                          | kPa               | Całkowite ciśnienie atmosferyczne   |
| $p_d$       |                          | kPa               | Ciśnienie nasycenia pary wodnej w powietrzu rozcieńczającym                     |
| $p_p$       | $p_{abs}$                | kPa               | Ciśnienie bezwzględne   |
| $p_r$       | $p_{H_2O}$               | kPa               | Prężność pary wodnej  |
| $p_s$       |                          | kPa               | Ciśnienie atmosferyczne powietrza suchego                                       |
| $1 - E$     | $PF$                     | %                 | Współczynnik przenikania  |
| $q_{mad}$   | $\dot{m}$ <sup>(1)</sup> | kg/s              | Masowe natężenie przepływu powietrza dolotowego w stanie suchym                 |
| $q_{maw}$   | <sup>(1)</sup>           | kg/s              | Masowe natężenie przepływu powietrza dolotowego w stanie mokrym                 |
| $q_{mCe}$   | <sup>(1)</sup>           | kg/s              | Masowe natężenie przepływu węgla w nierozcieńczonych spalinach                  |
| $q_{mCf}$   | <sup>(1)</sup>           | kg/s              | Masowe natężenie przepływu węgla do silnika                                     |
| $q_{mCp}$   | <sup>(1)</sup>           | kg/s              | Masowe natężenie przepływu węgla w układzie rozcieńczania przepływu częściowego |
| $q_{mdew}$  | <sup>(1)</sup>           | kg/s              | Masowe natężenie przepływu rozcieńczonych spalin (w stanie mokrym)              |
| $q_{mdw}$   | <sup>(1)</sup>           | kg/s              | Masowe natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego w stanie mokrym           |
| $q_{medf}$  | <sup>(1)</sup>           | kg/s              | Równoważne masowe natężenie przepływu rozcieńczonych spalin w stanie mokrym     |
| $q_{mew}$   | <sup>(1)</sup>           | kg/s              | Masowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym                               |
| $q_{mex}$   | <sup>(1)</sup>           | kg/s              | Masowe natężenie przepływu próbki pobranej z tunelu rozcieńczającego            |

| Dodatek A.8 | Dodatek A.7      | Jednostka            | Wielkość  |
|-------------|------------------|----------------------|---|
| $q_{mf}$    | ( <sup>1</sup> ) | kg/s                 | Masowe natężenie przepływu paliwa   |
| $q_{mp}$    | ( <sup>1</sup> ) | kg/s                 | Natężenie przepływu próbek spalin do układu rozcieńczania przepływu częściowego |
| $q_V$       | $\dot{V}$        | m <sup>3</sup> /s    | Objętościowe natężenie przepływu  |
| $q_{VCVS}$  | ( <sup>1</sup> ) | m <sup>3</sup> /s    | Natężenie objętościowe CVS  |
| $q_{Vs}$    | ( <sup>1</sup> ) | dm <sup>3</sup> /min | Natężenie przepływu w układzie analizatora spalin                               |
| $q_{Vt}$    | ( <sup>1</sup> ) | cm <sup>3</sup> /min | Natężenie przepływu gazu znakującego  |
| $\rho$      | $\rho$           | kg/m <sup>3</sup>    | Gęstość masowa  |
| $\rho_e$    |                  | kg/m <sup>3</sup>    | Gęstość spalin  |
| $r_d$       | DR               | —                    | Stosunek rozcieńczenia ( <sup>2</sup> )   |
| RH          |                  | %                    | Wilgotność względna   |
| $r_D$       | $\beta$          | m/m                  | Stosunek średnic (układy CVS)   |
| $r_p$       |                  | —                    | Stosunek ciśnień dla SSV  |
| Re          | Re <sup>#</sup>  | —                    | Liczba Reynoldsa  |
| $\sigma$    | $\sigma$         | —                    | Odchylenie standardowe  |
| T           | T                | °C                   | Temperatura   |
| $T_a$       |                  | K                    | Temperatura bezwzględna   |
| t           | t                | s                    | Czas  |
| $\Delta t$  | $\Delta t$       | s                    | Przedział czasowy   |
| u           |                  | —                    | Stosunek między gęstością składnika gazowego a gęstością gazów spalinyowych     |
| V           | V                | m <sup>3</sup>       | Objętość  |
| $q_V$       | $\dot{V}$        | m <sup>3</sup> /s    | Natężenie objętościowe  |
| $V_0$       |                  | m <sup>3</sup> /obr. | Objętość gazu pompowanego przez PDP podczas jednego obrotu                      |
| W           | W                | kWh                  | Praca   |
| $W_{act}$   | $W_{act}$        | kWh                  | Rzeczywista praca w cyklu podczas cyklu badania                                 |
| WF          | WF               | —                    | Współczynnik wagowy   |

| Dodatek A.8 | Dodatek A.7 | Jednostka | Wielkość                |
|-------------|-------------|-----------|-------------------------|
| w           | w           | g/g       | Ułamek masowy           |
| $X_0$       | $K_s$       | s/obr.    | Funkcja wzorcowania CFV |
| $\bar{y}$   | $\bar{y}$   |           | Średnia arytmetyczna    |

(<sup>1</sup>) Zob. indeksy dolne; np.:  $\dot{m}_{air}$  dla natężenia masowego powietrza suchego lub  $\dot{m}_{fuel}$  dla natężenia masowego paliwa itp.

(<sup>2</sup>) Stosunek rozcieńczenia rd w dodatku A.8 i DR w dodatku A.7: różne symbole, ale to samo znaczenie i te same równania. Współczynnik rozcieńczenia D w dodatku A.8 i  $x_{dil}$  w dodatku A.7: różne oznaczenia, ale to samo znaczenie fizyczne; równanie (A.7-47) przedstawia zależność między  $x_{dil}$  a DR.

(<sup>3</sup>) d.u. = do ustalenia

#### A.8.0.2. Indeksy dolne

| Dodatek A.8 ( <sup>1</sup> ) | Dodatek A.7 | Wielkość                         |
|------------------------------|-------------|----------------------------------|
| act                          | act         | Wielkość rzeczywista             |
| i                            |             | Pomiar chwilowy (np. 1 Hz)       |
|                              | i           | Poszczególne wielkości z szeregu |

(<sup>1</sup>) W dodatku A.8 znaczenie indeksu dolnego zależy od powiązanej wielkości; na przykład indeks dolny „d” może oznaczać stan suchy, tak jak w „ $c_d$  = stężenie w stanie suchym”, powietrze rozcieńczające, jak w „ $p_d$  = prężność par nasyconych powietrza rozcieńczającego” lub „ $k_{w,d}$  = współczynnik poprawkowy ze stanu suchego na mokry dla powietrza rozcieńczającego”, stosunek rozcieńczenia, jak w „ $r_d$ ”.

#### A.8.0.3. Symbole i skróty składników chemicznych (stosowane także jako indeks dolny)

| Dodatek A.8                   | Dodatek A.7                   | Wielkość                              |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Ar                            | Ar                            | Argon                                 |
| C1                            | C1                            | Równoważnik węglowy 1 dla węglowodoru |
| CH <sub>4</sub>               | CH <sub>4</sub>               | Metan                                 |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | Etan                                  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | Propan                                |
| CO                            | CO                            | Tlenek węgla                          |
| CO <sub>2</sub>               | CO <sub>2</sub>               | Dwutlenek węgla                       |
| DOP                           | DOP                           | Dioktyloftalan                        |
| HC                            | HC                            | Węglowodór                            |
| H <sub>2</sub> O              | H <sub>2</sub> O              | Woda                                  |
| NMHC                          | NMHC                          | Węglowodory niemetanowe               |
| NO <sub>x</sub>               | NO <sub>x</sub>               | Tlenki azotu                          |
| NO                            | NO                            | Tlenek azotu                          |
| NO <sub>2</sub>               | NO <sub>2</sub>               | Dwutlenek azotu                       |



| Dodatek A.8 | Dodatek A.7 | Wielkość      |
|-------------|-------------|---------------|
| PM          | PM          | Cząstki stałe |
| S           | S           | Siarka        |

## A.8.0.4. Symbole i skróty dla składu paliwa

| Dodatek A.8 (1) | Dodatek A.7 (2) | Wielkość   |
|-----------------|-----------------|--|
| $w_C$ (4)       | $w_C$ (4)       | Zawartość węgla w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.]  |
| $w_H$           | $w_H$           | Zawartość wodoru w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.] |
| $w_N$           | $w_N$           | Zawartość azotu w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.]  |
| $w_O$           | $w_O$           | Zawartość tlenu w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.]  |
| $w_S$           | $w_S$           | Zawartość siarki w paliwie, ułamek masowy [g/g] lub [% wag.] |
| $\alpha$        | $\alpha$        | Stosunek atomowy wodoru do węgla (H/C)                       |
| $\varepsilon$   | $\beta$         | Stosunek atomowy tlenu do węgla (O/C) (3)                    |
| $\gamma$        | $\gamma$        | Stosunek atomowy siarki do węgla (S/C)                       |
| $\delta$        | $\delta$        | Stosunek atomowy azotu do węgla (N/C)                        |

(1) W odniesieniu do paliwa o wzorze chemicznym  $CH_aO_bN_\delta S_\gamma$ (2) W odniesieniu do paliwa o wzorze chemicznym  $CH_aO_bS_\gamma N_\delta$ (3) Należy zwrócić uwagę na różne znaczenia symbolu  $\beta$  w dwóch dodatkach dotyczących obliczania wielkości emisji: w dodatku A.8 symbol ten odnosi się do paliwa o wzorze chemicznym  $CH_aS_\gamma N_\delta O_\varepsilon$  (tj. o wzorze  $C_\beta H_a S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ , gdzie  $\beta = 1$ , zakładając jeden atom węgla w cząsteczce), natomiast w dodatku A.7 symbol ten odnosi się do stosunku tlenu do węgla dla  $CH_aO_bS_\gamma N_\delta$ . Tym samym  $\beta$  z dodatku A.7 odpowiada  $\varepsilon$  z dodatku A.8.

(4) Ułamek masowy w opatrzonej symbolem składnika chemicznego w indeksie dolnym.

## A.8.1. Parametry podstawowe

## A.8.1.1. Oznaczanie stężenia metanu i węglowodorów niemetanowych

Obliczanie stężeń NMHC i  $CH_4$  zależy od zastosowanej metody wzorcowania. Analizator FID przeznaczony do pomiaru bez NMC wzorcuje się przy użyciu propanu. Do celów wzorcowania FID połączonego szeregowo z NMC dozwolone są następujące metody:

- gaz wzorcowy – propan; propan omija NMC;
- gaz wzorcowy – metan; metan przechodzi przez NMC.

W przypadku lit. a) stężenia NMHC ( $c_{NMHC}$  [-]) i  $CH_4$  ( $c_{CH_4}$  [-]) oblicza się w następujący sposób:

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/oNMC)} \cdot (1 - E_{CH_4}) - c_{HC(w/NMC)}}{E_{C_2H_6} - E_{CH_4}} \quad (A.8-1a)$$

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/NMC)} - c_{HC(w/oNMC)} \cdot (1 - E_{C_2H_6})}{RF_{CH_4[THC-FID]} \cdot (E_{C_2H_6} - E_{CH_4})} \quad (A.8-2a)$$

W przypadku lit. b) stężenia NMHC i  $CH_4$  oblicza się w następujący sposób:

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/oNMC)} \cdot (1 - E_{CH_4}) - c_{HC(w/NMC)} \cdot RF_{CH_4[THC-FID]} \cdot (1 - E_{CH_4})}{E_{C_2H_6} - E_{CH_4}} \quad (A.8-1b)$$

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/NMC)} \cdot RF_{CH_4[THC-FID]} \cdot (1 - E_{CH_4}) - c_{HC(w/oNMC)} \cdot (1 - E_{C_2H_6})}{RF_{CH_4[THC-FID]} \cdot (E_{C_2H_6} - E_{CH_4})} \quad (A.8-2b)$$

gdzie:

$c_{HC(w/NMC)}$  = stężenie węglowodorów (HC) z próbką gazu przepływającą przez NMC [ppm]

$c_{HC(w/oNMC)}$  = stężenie węglowodorów (HC) z próbką gazu omijającą NMC [ppm]

$RF_{CH_4[THC-FID]}$  = współczynnik odpowiedzi dla metanu, określony zgodnie z pkt 8.1.10.1.4 [-]

$E_{CH_4}$  = sprawność dla metanu, określona zgodnie z pkt 8.1.10.3. [-]

$E_{C_2H_6}$  = sprawność dla etanu, określona zgodnie z pkt 8.1.10.3. [-].

Jeżeli  $RF_{CH_4[THC-FID]} < 1,05$ , to można go pominąć w równaniach A.8-1a, A.8-1b

i A.8-2b.

Można przyjąć, że emisje NMHC (węglowodorów niemietanowych) wynoszą w przybliżeniu 98 % emisji THC (całkowitej zawartości węglowodorów).

## A.8.2. Emisje nierozcieńczonych zanieczyszczeń gazowych

### A.8.2.1. Emisje gazowe

#### A.8.2.1.1. Badania stacjonarne

Oblicza się natężenie emisji gazowej  $q_{mgas,i}$  dla każdej fazy i badania stacjonarnego. Stężenie emisji gazowej mnoży się przez odpowiadający jej przepływ:

$$q_{(mgas,i)} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \cdot 3\,600 \quad (A.8-3)$$

$q_{mgas,i}$  = natężenie emisji dla fazy i badania stacjonarnego [g/h]

$k$  = 1 dla  $c_{gasr,w,i}$  w [ppm] oraz  $k = 10\,000$  dla  $c_{gasr,w,i}$  w [% obj.]

$k_h$  = współczynnik poprawkowy  $NO_x$  [-], stosowany tylko do obliczania emisji  $NO_x$  (zob. pkt A.8.2.2)

$u_{gas}$  = współczynnik właściwy dla składnika lub stosunek między gęstością składnika gazowego i gęstością gazów spalinowych [-]; oblicza się go z równań (A.8-12) lub (A.8-13)

$q_{mew,i}$  = masowe natężenie przepływu spalin w fazie i w stanie mokrym [kg/s]

$c_{gas,i}$  = stężenie emisji w nierozcieńczonych gazach spalinowych w fazie i, w stanie mokrym [ppm] lub [% obj.].

#### A.8.2.1.2. Cykl niestacjonarny i cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami

Masę całkowitą emisji gazowych w badaniu  $m_{gas}$  [g/badanie] oblicza się poprzez pomnożenie zestrojonych czasowo stężeń chwilowych przez wartości przepływu spalin oraz całkowanie po cyklu badania zgodnie z poniższym równaniem:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot \sum_{i=1}^N (q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \quad (A.8-4)$$

gdzie:

$f$  = częstotliwość próbkowania danych [Hz]

$k_h$  = współczynnik poprawkowy  $NO_x$  [-], stosowany tylko do obliczania emisji  $NO_x$

$k$  = 1 dla  $c_{gasr,w,i}$  w [ppm] oraz  $k = 10\,000$  dla  $c_{gasr,w,i}$  w [% obj.]

$u_{gas}$  = współczynnik właściwy dla składnika [-] (zob. pkt A.8.2.4)

$N$  = liczba pomiarów [-].

$q_{mew,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu spalin w stanie mokrym [kg/s]

$c_{gas,i}$  = chwilowe stężenie emisji w nierozcieńczonych gazach spalinowych, w stanie mokrym [ppm] lub [% obj.].

W poniższych punktach pokazano, jak obliczyć wymagane wielkości ( $c_{gas,i}$ ,  $u_{gas}$  oraz  $q_{mew,i}$ ).

#### A.8.2.2. Przekształcenie stężenia ze stanu suchego na mokry

Jeżeli emisje są mierzone w stanie suchym, to zmierzone stężenie  $c_d$  w stanie suchym przelicza się na stężenie  $c_w$  w stanie mokrym zgodnie z następującym równaniem ogólnym:

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (A.8-5)$$

gdzie:

$k_w$  = współczynnik przekształcenia ze stanu suchego na mokry [-]

$c_d$  = stężenie emisji w stanie suchym [ppm] lub [% obj.].

W przypadku spalania zupełnego współczynnik przekształcenia ze stanu suchego na mokry dla spalin nierozcieńczonych zapisuje się jako  $k_{w,a}$  [-] i oblicza w następujący sposób:

$$k_{w,a} = \frac{\left( 1 - \frac{1,2442 \cdot H_a + 111,19 \cdot w_H \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \cdot k_f \cdot 1\,000} \right)}{\left( 1 - \frac{p_r}{p_b} \right)} \quad (\text{A.8-6})$$

gdzie:

$H_a$  = wilgotność powietrza dolotowego [g H<sub>2</sub>O/kg suchego powietrza]

$q_{mf,i}$  = chwilowe natężenie przepływu paliwa [kg/s]

$q_{mad,i}$  = chwilowe natężenie przepływu suchego powietrza wlotowego [kg/s]

$p_r$  = ciśnienie wody za urządzeniem schładzającym [kPa]

$p_b$  = całkowite ciśnienie barometryczne [kPa]

$w_H$  = zawartość wodoru w paliwie [% wag.]

$k_f$  = dodatkowa objętość spalania [m<sup>3</sup>/kg paliwa]

przy czym:

$$k_f = 0,055594 \cdot w_H + 0,0080021 \cdot w_N + 0,0070046 \cdot w_O \quad (\text{A.8-7})$$

gdzie:

$w_H$  = zawartość wodoru w paliwie [% wag.]

$w_N$  = zawartość azotu w paliwie [% wag.]

$w_O$  = zawartość tlenu w paliwie [% wag.].

W równaniu (A.8-6) można przyjąć stosunek  $p_r/p_b$ :

$$\frac{1}{\left( 1 - \frac{p_r}{p_b} \right)} = 1,008 \quad (\text{A.8-8})$$

W przypadku spalania niezupełnego (bogate mieszanki paliwowo-powietrzne) oraz dla badań emisji bez bezpośrednich pomiarów przepływu paliwa preferuje się drugą metodę obliczania  $k_{w,a}$ :

$$k_{w,a} = \frac{\frac{1}{1 + \alpha \cdot 0,005 \cdot (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1}}{1 - \frac{p_r}{p_b}} \quad (\text{A.8-9})$$

gdzie:

$c_{CO_2}$  = stężenie CO<sub>2</sub> w nierozcieńczonych gazach spalinowych, w stanie suchym [% obj.]

$c_{CO}$  = stężenie CO w nierozcieńczonych gazach spalinowych, w stanie suchym [ppm]

$p_r$  = ciśnienie wody za urządzeniem schładzającym [kPa] (zob. równanie (A.8-9))

$p_b$  = całkowite ciśnienie barometryczne [kPa] (zob. równanie (A.8-9))

$\alpha$  = molowy stosunek węgla do wodoru [-]

$k_{w1}$  = wilgotność powietrza dolotowego [-]

$$k_{w1} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1\,000 + 1,608 \cdot H_a} \quad (\text{A.8-10})$$

#### A.8.2.3. Korekcja NO<sub>x</sub> ze względu na wilgotność i temperaturę

Ponieważ emisja NO<sub>x</sub> uzależniona jest od warunków powietrza otoczenia, stężenie NO<sub>x</sub> należy korygować względem temperatury i wilgotności powietrza otoczenia, przy pomocy współczynników  $k_h$  podanych w poniższym równaniu. Współczynnik ten jest ważny dla zakresu wilgotności od 0 do 25 g H<sub>2</sub>O/kg suchego powietrza.

$$k_h = \frac{15,698 \cdot H_a}{1\,000} + 0,832 \quad (\text{A.8-11})$$

gdzie:

$H_a$  = wilgotność powietrza dolotowego [g H<sub>2</sub>O/kg suchego powietrza].

A.8.2.4. Współczynnik właściwy dla składnika  $u$

A.8.2.4.1. Wartości stabelaryzowane

Przy zastosowaniu pewnych uproszczeń do równań z pkt A.8.2.4.2 (założenie dotyczące wartości  $\lambda$  i warunków powietrza dolotowego przedstawione w poniższej tabeli) można obliczyć wartości dla  $u_{\text{gas}}$  (zob. pkt A.8.2.1). Wartości  $u_{\text{gas}}$  podano w tabeli A.8.1.

Tabela A.8.1

**Wartości  $u$  dla nierozcieńczonych gazów spalinowych i gęstości składników (wartości liczbowe  $u$  obliczone dla stężenia emisji wyrażonego w ppm)**

| Gaz                                      | NO <sub>x</sub>               | CO   | HC       | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |          |
|--|-------------------------------|--|----------|-----------------|----------------|-----------------|----------|
| $\rho_{\text{gas}}$ [kg/m <sup>3</sup> ] | 2,053                         | 1,250  | 0,621    | 1,9636          | 1,4277         | 0,716           |          |
| Paliwo                                   | $\rho_e$ [kg/m <sup>3</sup> ] | Współczynnik $u_{\text{gas}}$ przy $\lambda = 2$ , suchym powietrzu, 273 K i 101,3 kPa |          |                 |                |                 |          |
| Olej napędowy                            | 1,2939                        | 0,001587   | 0,000966 | 0,000479        | 0,001518       | 0,001103        | 0,000553 |

A.8.2.4.2. Wartości obliczone

Współczynnik właściwy dla składnika,  $u_{\text{gas},i}$  można obliczyć ze stosunku gęstości składnika do gęstości spalin lub z odpowiedniego stosunku mas molowych:

$$u_{\text{gas},i} = M_{\text{gas}} / (M_{e,i} \cdot 1\,000) \quad (\text{A.8-12})$$

lub

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{e,i} \cdot 1\,000) \quad (\text{A.8-13})$$

gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = masa molowa składnika gazowego [g/mol]

$M_{e,i}$  = chwilowa masa molowa spalin nierozcieńczonych w stanie mokrym [g/mol]

$\rho_{\text{gas}}$  = gęstość składnika gazowego [kg/m<sup>3</sup>]

$\rho_{e,i}$  = chwilowa gęstość spalin nierozcieńczonych w stanie mokrym [kg/m<sup>3</sup>].

Masę molową spalin,  $M_{e,i}$  oblicza się dla paliwa o składzie ogólnym CH<sub>a</sub>O<sub>ε</sub>N<sub>δ</sub>S<sub>γ</sub> przy założeniu całkowitego spalania w następujący sposób:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,001 + 1,00794 \cdot \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon + 14,0067 \cdot \delta + 32,0065 \cdot \gamma} + \frac{H_a \cdot 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{1 + H_a \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{M_a}} \quad (\text{A.8-14})$$

gdzie:

$q_{mf,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu paliwa w stanie mokrym [kg/s]

$q_{maw,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu powietrza dolotowego w stanie mokrym [kg/s]

$\alpha$  = stosunek molowy wodoru do węgla [-]

$\delta$  = stosunek molowy azotu do węgla [-]

$\varepsilon$  = stosunek molowy tlenu do węgla [-]

$\gamma$  = stosunek atomowy siarki do węgla [-]

$H_a$  = wilgotność powietrza dolotowego [g H<sub>2</sub>O/kg suchego powietrza]

$M_a$  = masa cząsteczkowa suchego powietrza dolotowego = 28,965 g/mol.

Chwilową gęstość spalin nierozcieńczonych  $\rho_{e,i}$  [kg/m<sup>3</sup>] oblicza się w następujący sposób:

$$\rho_{e,i} = \frac{1\,000 + H_a + 1\,000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})}{773,4 + 1,2434 \cdot H_a + k_f \cdot 1\,000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})} \quad (\text{A.8-15})$$

gdzie:

$q_{mf,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu paliwa [kg/s]

$q_{mad,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu suchego powietrza wlotowego [kg/s]

$H_a$  = wilgotność powietrza dolotowego [g H<sub>2</sub>O/kg suchego powietrza]

$k_f$  = dodatkowa objętość spalania [m<sup>3</sup>/kg paliwa] (zob. równanie A.8-7).

#### A.8.2.5. Masowe natężenie przepływu spalin

##### A.8.2.5.1. Metoda pomiaru powietrza i paliwa

Metoda ta obejmuje pomiar przepływu powietrza i przepływu paliwa przy użyciu odpowiednich przepływomierzy. Chwilowy przepływ spalin  $q_{mew,i}$  [kg/s] oblicza się w następujący sposób:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (\text{A.8-16})$$

gdzie:

$q_{maw,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu suchego powietrza wlotowego [kg/s]

$q_{mf,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu paliwa [kg/s].

##### A.8.2.5.2. Metoda pomiaru gazu znakującego

Metoda ta obejmuje pomiar stężenia gazu znakującego w spalinach. Chwilowy przepływ spalin  $q_{mew,i}$  [kg/s] oblicza się w następujący sposób:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{Vt} \cdot \rho_e}{10^{-6} \cdot (c_{mix,i} - c_b)} \quad (\text{A.8-17})$$

gdzie:

$q_{Vt}$  = natężenie przepływu gazu znakującego [m<sup>3</sup>/s]

$c_{mix,i}$  = chwilowe stężenie gazu znakującego po wymieszaniu [ppm]

$\rho_e$  = gęstość nierozcieńczonych gazów spalinowych [kg/m<sup>3</sup>]

$c_b$  = stężenie tła gazu znakującego w powietrzu dolotowym [ppm].

Stężenie tła gazu znakującego  $c_b$  można określić poprzez uśrednienie stężenia tła zmierzonego bezpośrednio przed przebiegiem badania oraz po nim. Jeżeli stężenie tła jest mniejsze niż 1 % stężenia gazu znakującego po wymieszaniu  $c_{mix,i}$  przy maksymalnym przepływie spalin, stężenie tła można pominąć.

##### A.8.2.5.3. Metoda pomiaru przepływu powietrza i stosunku ilości powietrza do paliwa

Metoda ta obejmuje obliczenie masy spalin na podstawie przepływu powietrza oraz stosunku powietrza do paliwa. Chwilowy przepływ masowy spalin  $q_{mew,i}$  [kg/s] oblicza się w następujący sposób:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left( 1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i} \right) \quad (\text{A.8-18})$$

przy czym:

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \cdot \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \cdot \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon + 14,0067 \cdot \delta + 32,065 \cdot \gamma} \quad (\text{A.8-19})$$

$$\lambda_i = \frac{\left( 100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right) + \left( \frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}}} \right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4})}{4,764 \cdot \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4})} \quad (\text{A.8-20})$$

gdzie:

$q_{maw,i}$  = natężenie masowe przepływu powietrza dolotowego w stanie mokrym [kg/s]

$A/F_{st}$  = stechiometryczny stosunek powietrza do paliwa [-]

$\lambda_i$  = chwilowy stosunek powietrza nadmiarowego [-]

- $c_{\text{COd}}$  = stężenie CO w nierozcieńczonych gazach spalinowych w stanie suchym [ppm]  
 $c_{\text{CO2d}}$  = stężenie CO<sub>2</sub> w nierozcieńczonych gazach spalinowych w stanie suchym [%]  
 $c_{\text{HCw}}$  = stężenie HC w nierozcieńczonych gazach spalinowych, w stanie mokrym [ppm C1]  
 $\alpha$  = stosunek molowy wodoru do węgla [-]  
 $\delta$  = stosunek molowy azotu do węgla [-]  
 $\varepsilon$  = stosunek molowy tlenu do węgla [-]  
 $\gamma$  = stosunek atomowy siarki do węgla [-]

#### A.8.2.5.4. Metoda bilansu węgla, metoda 1-etapowa

Do obliczenia masowego natężenia przepływu spalin w stanie mokrym  $q_{\text{mew},i}$  [kg/s] można wykorzystać następujący wzór 1-etapowy:

$$q_{\text{mew},i} = q_{\text{mf},i} \cdot \left[ \frac{1,4 \cdot w_{\text{C}}^2}{(1,0828 \cdot w_{\text{C}} + k_{\text{fd}} \cdot f_{\text{c}}) f_{\text{c}}} \left( 1 + \frac{H_{\text{a}}}{1\,000} \right) + 1 \right] \quad (\text{A.8-21})$$

przy czym współczynnik węglowy  $f_{\text{c}}$  [-] jest określony przez:

$$f_{\text{c}} = 0,5441 \cdot (c_{\text{CO2d}} - c_{\text{CO2d,a}}) + \frac{c_{\text{COd}}}{18\,522} + \frac{c_{\text{HCw}}}{17\,355} \quad (\text{A.8-22})$$

gdzie:

- $q_{\text{mf},i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu paliwa [kg/s]  
 $w_{\text{C}}$  = zawartość węgla w paliwie [% wag.]  
 $H_{\text{a}}$  = wilgotność powietrza dolotowego [g H<sub>2</sub>O/kg suchego powietrza]  
 $k_{\text{fd}}$  = dodatkowa objętość spalania w stanie suchym [m<sup>3</sup>/kg paliwa]  
 $c_{\text{CO2d}}$  = stężenie CO<sub>2</sub> w spalinach nierozcieńczonych w stanie suchym [%]  
 $c_{\text{CO2d,a}}$  = stężenie CO<sub>2</sub> w powietrzu otaczającym w stanie suchym [%]  
 $c_{\text{COd}}$  = stężenie CO w spalinach nierozcieńczonych w stanie suchym [ppm]  
 $c_{\text{HCw}}$  = stężenie HC w spalinach nierozcieńczonych w stanie mokrym [ppm]  
 a współczynnik  $k_{\text{fd}}$  [m<sup>3</sup>/kg paliwa] w stanie suchym obliczany jest poprzez odjęcie wody powstałej ze spalania od wartości  $k_{\text{f}}$  :

$$k_{\text{fd}} = k_{\text{f}} - 0,11118 \cdot w_{\text{H}} \quad (\text{A.8-23})$$

gdzie:

- $k_{\text{f}}$  = współczynnik właściwy dla paliwa z równania (A.8-7) [m<sup>3</sup>/kg paliwa]  
 $w_{\text{H}}$  = zawartość wodoru w paliwie [% wag.]

#### A.8.3. Emisje rozcieńczonych zanieczyszczeń gazowych

##### A.8.3.1. Masa emisji gazowych

##### A.8.3.1.1. Pomiar przy użyciu rozcieńczania przepływu całkowitego (CVS)

Masowe natężenie przepływu spalin mierzy się przy pomocy układu pobierania próbek przy zachowaniu stałej objętości (CVS), który może wykorzystywać pompę waporową (PDP), zwężkę Venturiego o przepływie krytycznym (CFV) lub zwężkę Venturiego o przepływie poddźwiękowym (SSV).

W odniesieniu do układów ze stałym przepływem masowym (np. z wymiennikiem ciepła) masę zanieczyszczeń  $m_{\text{gas}}$  (g/badanie) wyznacza się z następującego równania:

$$m_{\text{gas}} = k_{\text{h}} \cdot k \cdot u_{\text{gas}} \cdot c_{\text{gas}} \cdot m_{\text{ed}} \quad (\text{A.8-24})$$

gdzie:

- $u_{\text{gas}}$  = stosunek między gęstością składnika spalin a gęstością powietrza, podany w tabeli A.8.2 lub obliczony z równania (A.8-35) [-]  
 $c_{\text{gas}}$  = średnie stężenie składnika w stanie mokrym skorygowane o stężenie tła, odpowiednio w [ppm] lub [% obj.]  
 $k_{\text{h}}$  = współczynnik poprawkowy NO<sub>x</sub> [-], stosowany tylko do obliczania emisji NO<sub>x</sub>

$k = 1$  dla  $c_{\text{gasr},w,i}$  w [ppm],  $k = 10\,000$  dla  $c_{\text{gasr},w,i}$  w [% obj.]

$m_{\text{ed}}$  = masa całkowita spalin rozcieńczonych w cyklu [kg/badanie].

W odniesieniu do układów z kompensacją przepływu (bez wymiennika ciepła) masę zanieczyszczeń  $m_{\text{gas}}$  [g/badanie] wyznacza się poprzez obliczenie chwilowych emisji gazowych, całkowanie oraz korekcję ze względu na tło zgodnie z następującym równaniem:

$$m_{\text{gas}} = k_h \cdot k \cdot \left\{ \sum_{i=1}^N [(m_{\text{ed},i} \cdot c_e \cdot u_{\text{gas}})] - \left[ \left( m_{\text{ed}} \cdot c_d \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \cdot u_{\text{gas}} \right) \right] \right\} \quad (\text{A.8-25})$$

gdzie:

$c_e$  = stężenie emisji w rozcieńczonych gazach spalinowych, w stanie mokrym [ppm] lub [% obj.]

$c_d$  = stężenie emisji w powietrzu rozcieńczającym, w stanie mokrym [ppm] lub [% obj.]

$m_{\text{ed},i}$  = masa rozcieńczonych spalin w przedziale czasowym  $i$  [kg]

$m_{\text{ed}}$  = masa całkowita rozcieńczonych gazów spalinowych w cyklu [kg]

$u_{\text{gas}}$  = wartość stabelaryzowana z tabeli A.8.2 [-]

$D$  = współczynnik rozcieńczenia (zob. równanie (A.8-29) z pkt A.8.3.2.2) [-]

$k_h$  = współczynnik poprawkowy  $\text{NO}_x$  [-], stosowany tylko do obliczania emisji  $\text{NO}_x$

$k$  = 1 dla  $c$  w [ppm],  $k = 10\,000$  dla  $c$  w [% obj.].

Jeżeli chodzi o stężenia  $c_{\text{gas}}$ ,  $c_e$  i  $c_d$ , to mogą to być wartości zmierzone z próbki okresowej (worka, ale nie jest to dozwolone w przypadku  $\text{NO}_x$  i HC) lub wartości uśrednione z pomiarów ciągłych poprzez całkowanie. Również wartość  $m_{\text{ed},i}$  musi być uśredniona przez całkowanie po całym cyklu badania.

W poniższych równaniach pokazano, jak obliczyć wymagane wielkości ( $c_e$ ,  $u_{\text{gas}}$  oraz  $m_{\text{ed}}$ ).

#### A.8.3.2. Przekształcenie stężenia ze stanu suchego na mokry

Wszystkie stężenia z pkt A.8.3.2 przekształca się przy użyciu równania (A.8-5) ( $c_w = k_w \cdot c_d$ ).

##### A.8.3.2.1. Rozcieńczone gazy spalinowe

Wszystkie stężenia zmierzone w stanie suchym przekształca się na stężenia w stanie mokrym poprzez zastosowanie jednego z poniższych dwóch równań:

$$k_{w,e} = \left[ \left( 1 - \frac{\alpha \cdot c_{\text{CO2w}}}{200} \right) - k_{w2} \right] \cdot 1,008 \quad (\text{A.8-26})$$

lub

$$k_{w,e} = \left( \frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{\text{CO2d}}}{200}} \right) \cdot 1,008 \quad (\text{A.8-27})$$

gdzie:

$k_{w,e}$  = współczynnik przekształcenia rozcieńczonych spalin ze stanu suchego na mokry [-]

$\alpha$  = stosunek molowy wodoru do węgla w paliwie [-]

$c_{\text{CO2w}}$  = stężenie  $\text{CO}_2$  w rozcieńczonych gazach spalinowych w stanie mokrym [% obj.]

$c_{\text{CO2d}}$  = stężenie  $\text{CO}_2$  w rozcieńczonych gazach spalinowych w stanie suchym [% obj.]

Współczynnik przekształcenia ze stanu suchego na mokry  $k_{w2}$  uwzględnia zawartość wody w powietrzu doletowym i w powietrzu rozcieńczającym:

$$k_{w2} = \frac{1,608 \left[ H_d \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1\,000 + \left\{ 1,608 \cdot \left[ H_d \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (\text{A.8-28})$$

gdzie:

$H_a$  = wilgotność powietrza doletowego [g  $\text{H}_2\text{O}$ /kg suchego powietrza]

$H_d$  = wilgotność powietrza rozcieńczającego [g  $\text{H}_2\text{O}$ /kg suchego powietrza]

$D$  = współczynnik rozcieńczenia (zob. równanie (A.8-29) z pkt A.8.3.2.2) [-]

## A.8.3.2.2. Współczynnik rozcieńczenia

Współczynnik rozcieńczenia  $D$  [-] (niezbędny do korekcji ze względu na tło i do obliczenia  $k_{w2}$ ) oblicza się w następujący sposób:

$$D = \frac{F_S}{c_{CO_2,e} + (c_{HC,e} + c_{CO,e}) \cdot 10^{-4}} \quad (\text{A.8-29})$$

gdzie:

$F_S$  = współczynnik stechiometryczny [-]

$c_{CO_2,e}$  = stężenie  $CO_2$  w rozcieńczonych gazach spalinowych w stanie mokrym [% obj.]

$c_{HC,e}$  = stężenie HC w rozcieńczonych gazach spalinowych w stanie mokrym [ppm C1]

$c_{CO,e}$  = stężenie CO w rozcieńczonych gazach spalinowych w stanie mokrym [ppm].

Współczynnik stechiometryczny oblicza się w następujący sposób:

$$F_S = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (\text{A.8-30})$$

gdzie:

$\alpha$  = stosunek molowy wodoru do węgla w paliwie [-]

Alternatywnie, jeżeli skład paliwa nie jest znany, można wykorzystać następujące współczynniki stechiometryczne:  $F_S$  (olej napędowy) = 13,4.

Jeżeli wykonuje się bezpośredni pomiar przepływu gazów spalinowych, to współczynnik rozcieńczenia  $D$  [-] można obliczyć w następujący sposób:

$$D = \frac{q_{VCVS}}{q_{Vew}} \quad (\text{A.8-31})$$

gdzie:

$q_{VCVS}$  = objętościowe natężenie przepływu rozcieńczonych gazów spalinowych [ $m^3/s$ ]

$q_{Vew}$  = objętościowe natężenie przepływu nierozcieńczonych gazów spalinowych [ $m^3/s$ ]

## A.8.3.2.3. Powietrze rozcieńczające

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \cdot 1,008 \quad (\text{A.8-32})$$

przy czym

$$k_{w3} = \frac{1,608 \cdot H_d}{1\,000 + 1,608 + H_d} \quad (\text{A.8-33})$$

gdzie:

$H_d$  = wilgotność powietrza rozcieńczającego [g  $H_2O$ /kg suchego powietrza]

## A.8.3.2.4. Wyznaczanie stężenia skorygowanego o stężenie tła

Aby otrzymać stężenia netto zanieczyszczeń, należy odjąć średnie stężenie tła zanieczyszczeń gazowych w powietrzu rozcieńczającym od stężeń zmierzonych. Wartości średnie stężeń tła można ustalić metodą analizy próbki z worka lub za pomocą pomiaru ciągłego z całkowaniem. Stosuje się następujące równanie:

$$c_{gas} = c_{gas,e} - c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D_d}\right) \quad (\text{A.8-34})$$

gdzie:

$c_{gas}$  = stężenie netto składnika gazowego [ppm] lub [% obj.]

$c_{gas,e}$  = stężenie emisji w rozcieńczonych gazach spalinowych, w stanie mokrym [ppm] lub [% obj.]

$c_d$  = stężenie emisji w powietrzu rozcieńczającym, w stanie mokrym [ppm] lub [% obj.]

$D$  = współczynnik rozcieńczenia (zob. równanie (A.8-29) z pkt A.8.3.2.2) [-]

A.8.3.3. Współczynnik właściwy dla składnika  $u$ 

Współczynnik właściwy dla składnika  $u_{gas}$  dla gazów rozcieńczonych można obliczyć z następującego równania lub przyjąć jego wartość z tabeli A.8.2; w tabeli A.8.2 przyjęto, że gęstość rozcieńczonych spalin jest równa gęstości powietrza.



$$u = \frac{M_{\text{gas}}}{M_{\text{d,w}} \cdot 1\,000} = \frac{M_{\text{gas}}}{\left[ M_{\text{da,w}} \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + M_{\text{r,w}} \cdot \left( \frac{1}{D} \right) \right] \cdot 1\,000} \quad (\text{A.8-35})$$

gdzie:

$M_{\text{gas}}$  = masa molowa składnika gazowego [g/mol]

$M_{\text{d,w}}$  = masa molowa spalin rozcieńczonych [g/mol]

$M_{\text{da,w}}$  = masa molowa powietrza rozcieńczającego [g/mol]

$M_{\text{r,w}}$  = masa molowa spalin nierozcieńczonych [g/mol]

$D$  = współczynnik rozcieńczenia (zob. równanie (A.8-29) z pkt A.8.3.2.2) [-]

Tabela A.8.2

**Wartości  $u$  dla rozcieńczonych gazów spalinowych i gęstości składników (wartości liczbowe  $u$  obliczone dla stężenia emisji wyrażonego w ppm)**

| Gaz                                      |                               | NO <sub>x</sub>  | CO       | HC       | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
|--|-------------------------------|--|----------|----------|-----------------|----------------|-----------------|
| $\rho_{\text{gas}}$ [kg/m <sup>3</sup> ] |                               | 2,053  | 1,250    | 0,621    | 1,9636          | 1,4277         | 0,716           |
| Paliwo                                   | $\rho_e$ [kg/m <sup>3</sup> ] | Współczynnik $u_{\text{gas}}$ przy $\lambda = 2$ , suchym powietrzu, 273 K i 101,3 kPa |          |          |                 |                |                 |
| Olej napędowy                            | 1,293                         | 0,001588   | 0,000967 | 0,000480 | 0,001519        | 0,00110        | 0,000553        |

A.8.3.4. Obliczanie przepływu masowego gazów spalinowych

A.8.3.4.1. Układ PDP-CVS

Jeżeli temperatura rozcieńczonych spalin  $m_{\text{ed}}$  utrzymywana jest na stałym poziomie z tolerancją  $\pm 6$  K w całym cyklu za pomocą wymiennika ciepła, masę rozcieńczonych spalin [kg/badanie] w cyklu oblicza się w następujący sposób:

$$m_{\text{ed}} = 1,293 \cdot V_0 \cdot n_p \cdot \frac{p_p}{101,325} \cdot \frac{273,15}{\bar{T}} \quad (\text{A.8-36})$$

gdzie:

$V_0$  = objętość gazu tłoczonego na obrót w warunkach badania [m<sup>3</sup>/obr.]

$n_p$  = łączna liczba obrotów pompy w badaniu [obr./badanie]

$p_p$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie pompy [kPa]

$\bar{T}$  = średnia temperatura rozcieńczonych spalin na wlocie pompy [K]

1,293 kg/m<sup>3</sup> = gęstość powietrza przy 273,15 K i 101,325 kPa

Jeżeli używa się układu z kompensacją przepływu (tzn. bez wymiennika ciepła), masę spalin rozcieńczonych  $m_{\text{ed},i}$  [kg] w przedziale czasowym oblicza się w następujący sposób:

$$m_{\text{ed},i} = 1,293 \cdot V_0 \cdot n_{p,i} \cdot \frac{p_p}{101,325} \cdot \frac{273,15}{\bar{T}} \quad (\text{A.8-37})$$

gdzie:

$V_0$  = objętość gazu tłoczonego na obrót w warunkach badania [m<sup>3</sup>/obr.]

$p_p$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie pompy [kPa]

$n_{p,i}$  = całkowita liczba obrotów na przedział czasu  $i$  [obr./  $\Delta t$ ]

$\bar{T}$  = średnia temperatura rozcieńczonych spalin na wlocie pompy [K]

1,293 kg/m<sup>3</sup> = gęstość powietrza przy 273,15 K i 101,325 kPa

A.8.3.4.2. Układ CFV-CVS

Jeżeli temperatura rozcieńczonych spalin utrzymywana jest na stałym poziomie (z tolerancją  $\pm 11$  K) w całym cyklu za pomocą wymiennika ciepła, przepływ masowy w ciągu cyklu  $m_{\text{ed}}$  [g/badanie] oblicza się w następujący sposób:

$$m_{\text{ed}} = \frac{1,293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \quad (\text{A.8-38})$$

gdzie:

- $t$  = czas trwania cyklu [s]  
 $K_V$  = współczynnik wzorcowania zwężki Venturiego o przepływie krytycznym dla warunków normalnych  $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$   
 $p_p$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego [kPa]  
 $T$  = temperatura bezwzględna na wlocie zwężki Venturiego [K]  
 $1,293 \text{ kg/m}^3$  = gęstość powietrza [ ] przy 273,15 K i 101,325 kPa

Jeżeli używa się układu z kompensacją przepływu (tzn. bez wymiennika ciepła), masę spalin rozcieńczonych  $m_{ed,i}$  [kg] w przedziale czasowym oblicza się w następujący sposób:

$$m_{ed,i} = \frac{1,293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0.5}} \quad (\text{A.8-39})$$

gdzie:

- $\Delta t_i$  = przedział czasowy badania [s]  
 $K_V$  = współczynnik wzorcowania zwężki Venturiego o przepływie krytycznym dla warunków normalnych  $[(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$   
 $p_p$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego [kPa]  
 $T$  = temperatura bezwzględna na wlocie zwężki Venturiego [K]  
 $1,293 \text{ kg/m}^3$  = gęstość powietrza przy 273,15 K i 101,325 kPa

#### A.8.3.4.3. Układ SSV-CVS

Jeżeli temperatura rozcieńczonych spalin utrzymywana jest na stałym poziomie (z tolerancją  $\pm 11$  K) w całym cyklu za pomocą wymiennika ciepła, masę spalin rozcieńczonych w ciągu cyklu  $m_{ed}$  [kg/badanie] oblicza się w następujący sposób:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \quad (\text{A.8-40})$$

gdzie:

- $1,293 \text{ kg/m}^3$  = gęstość powietrza przy 273,15 K i 101,325 kPa  
 $\Delta t$  = czas trwania cyklu [s]  
 $q_{VSSV}$  = natężenie przepływu powietrza w warunkach normalnych (101,325 kPa, 273,15 K)  $[m^3/s]$

przy czym

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_v^2 C_d p_p \sqrt{\left[ \frac{1}{T_{in}} \left( r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}} \right) \right]} \quad (\text{A.8-41})$$

gdzie:

$$A_0 = \text{zbiór stałych ikonwersji jednostek} = 0,0056940 \left[ \frac{m^3}{\text{min}} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{\text{kPa}} \cdot \frac{1}{\text{mm}^2} \right]$$

$d_v$  = średnica gardzieli SSV [mm]

$C_d$  = współczynnik wypływu SSV [-]

$p_p$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego [kPa]

$T_{in}$  = temperatura na wlocie zwężki Venturiego [K]

$r_p$  = stosunek statycznego ciśnienia bezwzględnego w gardzieli SSV do podobnego ciśnienia na wlocie,  
 $\left( 1 - \frac{\Delta p}{p_a} \right)$  [-]

$r_D$  = stosunek średnicy gardzieli SSV do wewnętrznej średnicy rury wlotowej  $\frac{d}{D}$  [-].

Jeżeli używa się układu z kompensacją przepływu (tzn. bez wymiennika ciepła), masę spalin rozcieńczonych  $m_{ed,i}$  [kg] w przedziale czasowym oblicza się w następujący sposób:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \quad (\text{A.8-42})$$

gdzie:

$1,293 \text{ kg/m}^3$  = gęstość powietrza przy 273,15 K i 101,325 kPa

$\Delta t_i$  = przedział czasowy [s]

$q_{VSSV}$  = objętościowe natężenie przepływu w SSV [ $m^3/s$ ].

#### A.8.3.5. Obliczanie emisji cząstek stałych

##### A.8.3.5.1. Cykl niestacjonarny i cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami

Masę cząstek stałych oblicza się po dokonaniu korekcji pod względem wyporu próbki cząstek stałych zgodnie z pkt 8.1.12.2.5.

##### A.8.3.5.1.1. Układ rozcieńczania przepływu cząsteczkowego

Obliczenia dla układu z podwójnym rozcieńczeniem znajdują się w pkt A.8.3.5.1.2.

##### A.8.3.5.1.1.1. Obliczenie oparte na stosunku pobierania próbek

Emisję cząstek stałych w cyklu  $m_{PM}$  [g] oblicza się z następującego równania:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1\,000} \quad (\text{A.8-43})$$

gdzie:

$m_f$  = masa cząstek stałych zebranych w cyklu [mg]

$r_s$  = średni stosunek pobierania próbek w całym cyklu badania [-]

przy czym:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (\text{A.8-44})$$

gdzie:

$m_{se}$  = masa próbek spalin nierozcieńczonych zebranych w cyklu [kg]

$m_{ew}$  = masa całkowita spalin nierozcieńczonych w cyklu [kg]

$m_{sep}$  = masa rozcieńczonych spalin przechodzących przez filtry cząstek stałych [kg]

$m_{sed}$  = masa rozcieńczonych spalin przepływających przez tunel rozcieńczający [kg]

W przypadku układu z pobieraniem próbek z całego przepływu rozcieńczonego wartości  $m_{sep}$  i  $m_{sed}$  są takie same.

##### A.8.3.5.1.1.2. Obliczenie oparte na stosunku rozcieńczenia

Emisję cząstek stałych w cyklu  $m_{PM}$  [g] oblicza się z następującego równania:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1\,000} \quad (\text{A.8-45})$$

gdzie:

$m_f$  = masa cząstek stałych zebranych w cyklu [mg]

$m_{sep}$  = masa rozcieńczonych spalin przechodzących przez filtry cząstek stałych [kg]

$m_{edf}$  = masa równoważnych rozcieńczonych spalin w cyklu [kg]

Masę całkowitą równoważnych spalin rozcieńczonych w cyklu  $m_{edf}$  [kg] wyznacza się w następujący sposób:

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^N q_{medf,i} \quad (\text{A.8-46})$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \cdot r_{d,i} \quad (\text{A.8-47})$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \quad (\text{A.8-48})$$

gdzie:

$q_{medf,i}$  = chwilowe równoważne masowe natężenie masowe przepływu rozcieńczonych spalin [kg/s]

$q_{mew,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu spalin w stanie mokrym [kg/s]

$r_{d,i}$  = chwilowy stosunek rozcieńczenia [-]

$q_{mdew,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu spalin rozcieńczonych w stanie mokrym [kg/s]

$q_{mdw,i}$  = chwilowe natężenie masowe przepływu powietrza rozcieńczającego [kg/s]

$f$  = częstotliwość próbkowania danych [Hz]

$N$  = liczba pomiarów [-].

## A.8.3.5.1.2. Układ rozcieńczania przepływu całkowitego

Emisję masową oblicza się w następujący sposób:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1\ 000} \quad (\text{A.8-49})$$

gdzie:

$m_f$  = masa cząstek stałych zebranych w cyklu [mg]

$m_{sep}$  = masa rozcieńczonych spalin przechodzących przez filtry cząstek stałych [kg]

$m_{ed}$  = masa rozcieńczonych gazów spalinowych w cyklu [kg]

przy czym

$$m_{sep} = m_{set} \cdot m_{ssd} \quad (\text{A.8-50})$$

gdzie:

$m_{set}$  = masa podwójnie rozcieńczonych spalin przepływających przez filtr cząstek stałych [kg]

$m_{ssd}$  = masa wtórnego powietrza rozcieńczającego [kg].

## A.8.3.5.1.3. Korekcja ze względu na tło

Masę cząstek stałych  $m_{PM,c}$  [g] można skorygować ze względu na tło w następujący sposób:

$$m_{PM,c} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[ \frac{m_b}{m_{sd}} \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{ed}}{1\ 000} \quad (\text{A.8-51})$$

gdzie:

$m_f$  = masa cząstek stałych zebranych w cyklu [mg]

$m_{sep}$  = masa rozcieńczonych spalin przechodzących przez filtry cząstek stałych [kg]

$m_{sd}$  = masa powietrza rozcieńczającego przechodzącego przez układ pobierania cząstek stałych tła [kg]

$m_b$  = masa cząstek stałych tła zebranych z powietrza rozcieńczającego [mg]

$m_{ed}$  = masa rozcieńczonych gazów spalinowych w cyklu [kg]

$D$  = współczynnik rozcieńczenia (zob. równanie (A.8-29) z pkt A.8.3.2.2) [-]

## A.8.3.5.2. Obliczenia dla cykli stacjonarnych z fazami dyskretnymi

## A.8.3.5.2.1. Układ rozcieńczania

Wszystkie obliczenia opierają się na uśrednionych wartościach z poszczególnych faz i okresu próbkowania.

a) W przypadku rozcieńczania przepływu częściowego równoważny przepływ masowy spalin rozcieńczonych wyznacza się przy użyciu układu z pomiarem przepływu przedstawionego na rysunku 9.2:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d \quad (\text{A.8-52})$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad (\text{A.8-53})$$

gdzie:

$q_{medf}$  = równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych [kg/s]

$q_{mew}$  = masowe natężenie przepływu spalin w stanie mokrym [kg/s]

$r_d$  = stosunek rozcieńczenia [-]

$q_{mdew}$  = masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych w stanie mokrym [kg/s]

$q_{mdw}$  = masowe natężenie przepływu powietrza rozcieńczającego [kg/s].

b) W przypadku układów z rozcieńczaniem przepływu całkowitego wartość  $q_{mdew}$  wykorzystywana jest jako  $q_{medf}$ .

## A.8.3.5.2.2. Obliczanie masowego natężenia przepływu cząstek stałych

Natężenie przepływu emisji cząstek stałych w cyklu  $q_{mPM}$  [g/h] oblicza się w następujący sposób:

a) Dla metody jednofiltrowej

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3\ 600}{1\ 000} \quad (\text{A.8-54})$$

$$\overline{q_{\text{medf}}} = \sum_{i=1}^N q_{\text{medfi}} \cdot WF_i \quad (\text{A.8-55})$$

$$m_{\text{sep}} = \sum_{i=1}^N m_{\text{sepi}} \quad (\text{A.8-56})$$

gdzie:

$q_{\text{mPM}}$  = masowe natężenie przepływu cząstek stałych [g/h]

$m_f$  = masa cząstek stałych zebranych w cyklu [mg]

$\overline{q_{\text{medf}}}$  = średnie równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych w stanie mokrym [kg/s]

$q_{\text{medfi}}$  = równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych w stanie mokrym dla fazy  $i$  [kg/s]

$WF_i$  = współczynnik wagowy dla fazy  $i$  [-]

$m_{\text{sep}}$  = masa rozcieńczonych spalin przechodzących przez filtry cząstek stałych [kg]

$m_{\text{sepi}}$  = masa próbki rozcieńczonych spalin przepuszczonych przez filtr do pobierania próbek cząstek stałych w fazie  $i$  [kg]

$N$  = liczba pomiarów [-].

b) Dla metody wielofiltrowej

$$q_{\text{mPMi}} = \frac{m_{fi}}{m_{\text{sepi}}} \cdot q_{\text{medfi}} \cdot \frac{3\ 600}{1\ 000} \quad (\text{A.8-57})$$

gdzie:

$q_{\text{mPMi}}$  = masowe natężenie przepływu cząstek stałych dla fazy  $i$  [g/h]

$m_{fi}$  = masa zebranej próbki cząstek stałych dla fazy  $i$  [mg]

$q_{\text{medfi}}$  = równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych w stanie mokrym dla fazy  $i$  [kg/s]

$m_{\text{sepi}}$  = masa próbki rozcieńczonych spalin przepuszczonych przez filtr do pobierania próbek cząstek stałych w fazie  $i$  [kg].

Masę cząstek stałych w cyklu badania wyznacza się poprzez zsumowanie średnich wartości dla poszczególnych faz  $i$  w okresie pobierania próbek.

Masowe natężenie przepływu cząstek stałych  $q_{\text{mPM}}$  [g/h] lub  $q_{\text{mPMi}}$  [g/h] można skorygować o tło w następujący sposób:

a) Dla metody jednofiltrowej

$$q_{\text{mPM}} = \left\{ \frac{m_f}{m_{\text{sep}}} - \left[ \frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^N \left( 1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot \overline{q_{\text{medf}}} \frac{3\ 600}{1\ 000} \quad (\text{A.8-58})$$

gdzie:

$q_{\text{mPM}}$  = masowe natężenie przepływu cząstek stałych [g/h]

$m_f$  = masa pobranej próbki cząstek stałych [mg]

$m_{\text{sep}}$  = masa próbki rozcieńczonych spalin przepuszczonych przez filtr do pobierania próbek cząstek stałych [kg]

$m_{f,d}$  = masa próbki cząstek stałych zebranej z powietrza rozcieńczającego [mg]

$m_d$  = masa próbki powietrza rozcieńczającego przechodzącego przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych [kg]

$D_i$  = współczynnik rozcieńczenia dla fazy  $i$  (zob. równanie (A.8-29) z pkt A.8.3.2.2) [-]

$WF_i$  = współczynnik wagowy dla fazy  $i$  [-]

$\overline{q_{\text{medf}}}$  = średnie równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych w stanie mokrym [kg/s].

b) Dla metody wielofiltrowej

$$q_{\text{mPMi}} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{\text{sepi}}} - \left[ \frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot q_{\text{medfi}} \frac{3\ 600}{1\ 000} \quad (\text{A.8-59})$$

gdzie:

$q_{\text{mPM}}$  = masowe natężenie przepływu cząstek stałych [g/h]

$m_{fi}$  = masa zebranej próbki cząstek stałych dla fazy  $i$  [mg]

$m_{f,d}$  = masa próbki cząstek stałych zebranej z powietrza rozcieńczającego [mg]

$q_{medfi}$  = równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych w stanie mokrym dla fazy  $i$  [kg/h]

$m_{sepi}$  = masa próbki rozcieńczonych spalin przepuszczonych przez filtr do pobierania próbek cząstek stałych w fazie  $i$  [kg]

$m_d$  = masa próbki powietrza rozcieńczającego przechodzącego przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych [kg]

$D$  = współczynnik rozcieńczenia dla fazy  $i$  (zob. równanie (A.8-29) z pkt A.8.3.2.2) [-]

$\overline{q_{medf}}$  = średnie równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych w stanie mokrym [kg/s].

Jeżeli wykonano więcej niż jeden pomiar, zamiast  $m_{f,d}/m_d$  stosuje się  $\overline{m_{f,d}/m_d}$ .

A.8.4. Praca w cyklu i emisje jednostkowe

A.8.4.1. Emisje gazowe

A.8.4.1.1. Cykl niestacjonarny i cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami

Należy odnieść się do pkt A.8.2.1 i A.8.3.1 dla, odpowiednio, spalin nierozcieńczonych i rozcieńczonych. Otrzymane wartości mocy  $P$  [kW] całkuje się po przedziale czasowym badania. Pracę całkowitą  $W_{act}$  [kWh] oblicza się w następujący sposób:

$$W_{act} = \sum_{i=1}^N P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^N (n_i \cdot T_i) \quad (A.8-60)$$

gdzie:

$P_i$  = chwilowa moc silnika [kW]

$n_i$  = chwilowa prędkość obrotowa silnika [ $\text{min}^{-1}$ ]

$T_i$  = chwilowy moment obrotowy silnika [Nm]

$W_{act}$  = rzeczywista praca w cyklu [kWh]

$f$  = częstotliwość próbkowania danych [Hz]

$N$  = liczba pomiarów [-].

Emisje jednostkowe  $e_{gas}$  [g/kWh] oblicza się w następujący sposób, w zależności od rodzaju cyklu badania.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \quad (A.8-61)$$

gdzie:

$m_{gas}$  = masa całkowita emisji [g/badanie]

$W_{act}$  = praca w cyklu [kWh].

W przypadku cyklu niestacjonarnego końcowy wynik badania  $e_{gas}$  [g/kWh] oblicza się jako średnią ważoną z wyników badania w cyklu zimnego rozruchu i badania w cyklu gorącego rozruchu zgodnie z następującym wzorem:

$$e_{gas} = \frac{(0,1 \cdot m_{cold}) + (0,9 \cdot m_{hot})}{(0,1 \cdot W_{act,cold}) + (0,9 \cdot W_{act,hot})} \quad (A.8-62)$$

W przypadku nieczęstej (okresowej) regeneracji spalin (pkt 6.6.2) emisje jednostkowe należy skorygować przy użyciu mnożnikowego współczynnika poprawkowego  $k_r$  (równanie (6-4)) lub przy użyciu dwóch oddzielnych par addytywnych współczynników poprawkowych  $k_{Ur}$  (współczynnik w górę dla równania (6-5)) i  $k_{Dr}$  (współczynnik w dół dla równania (6-6)).

A.8.4.1.2. Cykl stacjonarny z fazami dyskretnymi

Emisje jednostkowe  $e_{gas}$  [g/kWh] oblicza się w następujący sposób:

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mgas,i} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (A.8-63)$$

gdzie:

$q_{mgas,i}$  = średnie masowe natężenie przepływu emisji dla fazy  $i$  [g/h]

$P_i$  = moc silnika dla fazy  $i$  [kW], przy czym  $P_i = P_{maxi} + P_{auxi}$  (zob. pkt 6.3 i 7.7.1.2)

$WF_i$  = współczynnik wagowy dla fazy  $i$  [-].

## A.8.4.2. Emisje cząstek stałych

## A.8.4.2.1. Cykl niestacjonarny i cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami

Emisje jednostkowe cząstek stałych oblicza się przy użyciu równania (A.8-61), gdzie w miejsce  $e_{\text{gas}}$  [g/kWh] i  $m_{\text{gas}}$  [g/badanie] podstawia się, odpowiednio,  $e_{\text{PM}}$  [g/kWh] i  $m_{\text{PM}}$  [g/badanie]:

$$e_{\text{PM}} = \frac{m_{\text{PM}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{A.8-64})$$

gdzie:

$m_{\text{PM}}$  = masa całkowita emisji cząstek stałych obliczona zgodnie z pkt A.8.3.5 [g/badanie]

$W_{\text{act}}$  = praca w cyklu [kWh].

Emisje dla złożonego cyklu niestacjonarnego (tj. faza zimna i faza gorąca) oblicza się zgodnie z pkt A.8.4.1.

## A.8.4.2.2. Cykl stacjonarny z fazami dyskretnymi

Emisję jednostkową cząstek stałych  $e_{\text{PM}}$  [g/kWh] oblicza się w następujący sposób:

a) Dla metody jednofiltrowej

$$e_{\text{PM}} = \frac{q_{\text{mPM}}}{\sum_{i=1}^N (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.8-65})$$

gdzie:

$P_i$  = moc silnika dla fazy  $i$  [kW], przy czym  $P_i = P_{\text{maxi}} + P_{\text{auxi}}$  (zob. pkt 6.3 i 7.7.1.2)

$WF_i$  = współczynnik wagowy dla fazy  $i$  [-]

$q_{\text{mPM}}$  = masowe natężenie przepływu cząstek stałych [g/h].

b) Dla metody wielofiltrowej

$$e_{\text{PM}} = \frac{\sum_{i=1}^N (q_{\text{mPMi}} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^N (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.8-66})$$

gdzie:

$P_i$  = moc silnika dla fazy  $i$  [kW], przy czym  $P_i = P_{\text{maxi}} + P_{\text{auxi}}$  (zob. pkt 6.3 i 7.7.1.2)

$WF_i$  = współczynnik wagowy dla fazy  $i$  [-]

$q_{\text{mPMi}}$  = masowe natężenie przepływu cząstek stałych dla fazy  $i$  [g/h].

Dla metody jednofiltrowej efektywny współczynnik wagowy  $WF_{ei}$  dla każdej z faz oblicza się w następujący sposób:

$$WF_{ei} = \frac{m_{\text{sepi}} \cdot \overline{q_{\text{medf}}}}{m_{\text{sep}} \cdot q_{\text{medfi}}} \quad (\text{A.8-67})$$

gdzie:

$m_{\text{sepi}}$  = masa próbki rozcieńczonych spalin przepuszczonych przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych w fazie  $i$  [kg]

$\overline{q_{\text{medf}}}$  = średnie równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych [kg/s]

$q_{\text{medfi}}$  = równoważne masowe natężenie przepływu spalin rozcieńczonych dla fazy  $i$  [kg/s]

$m_{\text{sep}}$  = masa próbki rozcieńczonych spalin przepuszczonych przez filtry do pobierania próbek cząstek stałych [kg].

Wartość efektywnego współczynnika wagowego nie może się różnić o więcej niż  $\pm 0,005$  (wartość bezwzględna) od wartości współczynników wagowych podanych w załączniku 5.

## Dodatek A.8.1

**Wzorcowanie przepływomierzy spalin rozcieńczonych (CVS)**

## A.8.5. Wzorcowanie układu CVS

Układ CVS wzorcuje się za pomocą dokładnego przepływomierza oraz urządzenia do dławienia przepływu. Przepływ przez układ mierzy się przy różnych wartościach dławienia, ponadto mierzy się również parametry kontrolne układu i odnosi je do przepływu.

Można stosować przepływomierze różnego typu, np. wzorcowaną zwężkę Venturiego, wzorcowany przepływomierz laminarny, wzorcowany przepływomierz turbinowy.

## A.8.5.1. Pompa wyporowa (PDP)

Wszystkie parametry odnoszące się do pompy mierzy się równocześnie z parametrami odnoszącymi się do wzorcującej zwężki Venturiego, która jest połączona szeregowo z pompą. Obliczone natężenie przepływu (w  $\text{m}^3/\text{s}$  na wlocie pompy, ciśnienie bezwzględne i temperatura) wykreśla się w zależności od funkcji korelacji stanowiącej wartość określonego połączenia parametrów pompy. Następnie wyznacza się równanie liniowe wiążące wydatek pompy i funkcję korelacji. Jeżeli układ CVS wyposażono w napęd o zróżnicowanej prędkości, wzorcowanie przeprowadza się oddzielnie dla każdego wykorzystywanego zakresu.

Należy zachować stabilność temperatury podczas wzorcowania.

Nieszczelności wszystkich połączeń i przewodów między wzorcującą zwężką Venturiego a pompą układu CVS należy utrzymywać na poziomie mniejszym niż 0,3 % punktu odpowiadającego najmniejszemu przepływowi (jest to punkt o największych oporach i najmniejszej prędkości obrotowej PDP).

Natężenie przepływu powietrza ( $q_{VCVS}$ ) dla każdego ustawionego dławienia (minimum 6 ustawień) oblicza się w normalnych  $\text{m}^3/\text{s}$  na podstawie danych z przepływomierza przy pomocy metody zalecanej przez producenta. Natężenie przepływu powietrza przelicza się następnie na przepływ pompy ( $V_0$ ) w  $\text{m}^3/\text{obr.}$  przy następujących bezwzględnych wartościach temperatury i ciśnienia na wlocie pompy:

$$V_0 = \frac{q_{VCVS}}{n} \cdot \frac{T}{273,15} \cdot \frac{101,325}{p_p} \quad (\text{A.8-68})$$

gdzie:

$q_{VCVS}$  = natężenie przepływu powietrza w warunkach normalnych (101,325 kPa, 273,15 K) [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$T$  = temperatura na wlocie pompy [K]

$p_p$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie pompy [kPa]

$n$  = prędkość obrotowa pompy [obr./s].

Aby uwzględnić powiązania między wahaniami ciśnienia na pompie oraz współczynnikiem poślizgu pompy, oblicza się funkcję korelacji ( $X_0$ ) [s/obr.] między prędkością obrotową pompy, różnicą ciśnień między wlotem i wylotem pompy oraz ciśnieniem bezwzględnym na wylocie pompy w następujący sposób:

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (\text{A.8-69})$$

gdzie:

$\Delta p_p$  = różnica ciśnień między wlotem i wylotem pompy [kPa]

$p_p$  = bezwzględne ciśnienie wylotowe na wylocie pompy [kPa]

$n$  = prędkość obrotowa pompy [obr./s].

Aby wyznaczyć równanie wzorcowania, stosuje się równanie liniowe wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów:

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \quad (\text{A.8-70})$$

przy czym  $D_0$  [ $\text{m}^3/\text{obr.}$ ] i  $m$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] oznaczają, odpowiednio, rzędną punktu przecięcia i współczynnik nachylenia opisujące linię regresji.

W przypadku układu CVS o zróżnicowanej prędkości krzywe wzorcowania wyznaczone dla różnych zakresów wydatku pompy są w przybliżeniu równoległe, a wartości punktu przecięcia ( $D_0$ ) wzrastają proporcjonalnie do spadku wydatku pompy.



Wartości wyliczone z równania nie mogą się różnić o więcej niż  $\pm 0,5\%$  od zmierzonej wartości  $V_0$ . Wartości  $m$  będą się różnić w zależności od pompy. Dopływ cząstek stałych z czasem powoduje zwiększenie poślizgu pompy, co będzie odzwierciedlone niższymi wartościami  $m$ . Dlatego wzorcowanie przeprowadza się przy pierwszym uruchomieniu pompy, po ważniejszych czynnościach konserwacyjnych oraz jeżeli ogólna weryfikacja układu wykazuje zmianę współczynnika poślizgu.

#### A.8.5.2. Zwężka Venturiego o przepływie krytycznym (CFV)

Wzorcowanie CFV opiera się na równaniu przepływu dla zwężki Venturiego o przepływie krytycznym. Przepływ gazu jest funkcją ciśnienia wlotowego zwężki i temperatury.

Aby ustalić zakres występowania przepływu krytycznego,  $K_V$  wykreśla się jako funkcję ciśnienia na wlocie zwężki Venturiego. Dla przepływu krytycznego (zdławionego)  $K_V$  będzie mieć względnie stałą wartość. W miarę spadku ciśnienia (wzrostu podciśnienia) przepływ w zwężce Venturiego staje się mniej dławiony i spada wartość  $K_V$ , co oznacza, że układ CFV pracuje poza dopuszczalnym zakresem.

Natężenie przepływu powietrza ( $q_{VCVS}$ ) dla każdego ustawionego dławienia (minimum 8 ustawień) oblicza się w normalnych  $m^3/s$  na podstawie danych z przepływomierza przy pomocy metody zalecanej przez producenta. Współczynnik wzorcowania  $K_V [(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s)/kg]$  oblicza się w oparciu o dane wzorcowania dla każdego ustawienia w następujący sposób:

$$K_V = \frac{q_{VCVS} \cdot \sqrt{T}}{P_P} \quad (A.8-71)$$

gdzie:

$q_{VSSV}$  = natężenie przepływu powietrza w warunkach normalnych (101,325 kPa, 273,15 K) [ $m^3/s$ ]

$T$  = temperatura na wlocie zwężki Venturiego [K]

$p_p$  = ciśnienie bezwzględne na wlocie zwężki Venturiego [kPa].

Oblicza się średnią wartość  $K_V$  i odchylenie standardowe. Odchylenie standardowe nie może przekraczać  $\pm 0,3\%$  średniej wartości  $K_V$ .

#### A.8.5.3. Zwężka Venturiego o przepływie poddźwiękowym (SSV)

Wzorcowanie zwężki SSV opiera się na równaniu przepływu dla zwężki Venturiego o przepływie poddźwiękowym. Przepływ gazu jest funkcją ciśnienia i temperatury na wlocie oraz spadku ciśnienia między wlotem SSV a gardzielią, jak pokazano w równaniu (A.8-41).

Natężenie przepływu powietrza ( $q_{VSSV}$ ) dla każdego ustawionego dławienia (minimum 16 ustawień) oblicza się w normalnych  $m^3/s$  na podstawie danych z przepływomierza przy pomocy metody zalecanej przez producenta. Współczynnik wypływu oblicza się z danych wzorcowania dla każdego ustawienia w następujący sposób:

$$C_d = \frac{q_{VSSV}}{\frac{A_0}{60} \cdot d_v^2 \cdot P_P \cdot \sqrt{\left[ \frac{1}{T_{in,V}} (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \left( \frac{1}{1 - r_D^4 \cdot r_p^{1,4286}} \right) \right]}} \quad (A.8-72)$$

gdzie:

$A_0$  = zbiór stałych ikonwersji jednostek =  $0,0056940 \left[ \frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{1/2}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2} \right]$

$q_{VSSV}$  = natężenie przepływu powietrza w warunkach normalnych (101,325 kPa, 273,15 K) [ $m^3/s$ ]

$T_{in,V}$  = temperatura na wlocie zwężki Venturiego [K]

$d_v$  = średnica gardzieli SSV [mm]

$r_p$  = stosunek statycznego ciśnienia bezwzględnego w gardzieli SSV do podobnego ciśnienia na wlocie =  $1 - \Delta p/p_p$  [-]

$r_D$  = stosunek średnicy gardzieli SSV,  $d_v$ , do wewnętrznej średnicy rury wlotowej  $D$  [-].

Do oznaczenia zakresu przepływu poddźwiękowego sporządza się wykres  $C_d$  jako funkcję liczby Reynoldsa  $Re$  dla gardzieli SSV.  $Re$  dla gardzieli SSV oblicza się przy pomocy poniższego równania:

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{VSSV}}{d_v \cdot \mu} \quad (A.8-73)$$

przy czym

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (A.8-74)$$

gdzie:

$$A_1 = \text{zbiór stałych ikonwersji jednostek} = 27,43831 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{min}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{m}} \right]$$

$q_{VSSV}$  = natężenie przepływu powietrza w warunkach normalnych (101,325 kPa, 273,15 K) [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$d_V$  = średnica gardzieli SSV [mm]

$\mu$  = bezwzględna lub dynamiczna lepkość gazu [ $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ ]

$b$  =  $1,458 \times 10^6$  (stała doświadczalna) [ $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{K}^{0,5})$ ]

$S$  = 110,4 (stała doświadczalna) [K].

Jako że  $q_{VSSV}$  stanowi daną do równania  $Re$ , obliczenia należy rozpocząć od wstępnego założenia wartości  $q_{VSSV}$  lub  $C_d$  wzorcującej zwężki Venturiego i powtarzać do momentu uzyskania zbieżności  $q_{VSSV}$ . Metoda osiągnięcia zbieżności musi cechować się dokładnością do 0,1 % punktu lub lepszą.

Dla minimum szesnastu punktów w obszarze przepływu poddźwiękowego wyliczone wartości  $C_d$  z wynikowego wzoru dopasowania krzywej wzorcowania muszą mieścić się w przedziale  $\pm 0,5$  % zmierzonej wartości  $C_d$  dla każdego punktu wzorcowania.

---

#### Dodatek A.8.2

### Korekcja ze względu na pełzanie

A.8.6. Obliczenia w niniejszym dodatku wykonuje się w sposób opisany w dodatku A.7.2 do dodatku A.7 do załącznika 4B.

$$c_{\text{driftcor}} = c_{\text{refzero}} + (c_{\text{refspan}} - c_{\text{refzero}}) \cdot \frac{2c_i - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})}{(c_{\text{prespan}} + c_{\text{postspan}}) - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})} \quad (\text{A.8-75})$$

gdzie:

$c_{\text{driftcor}}$  = stężenie skorygowane ze względu na pełzanie [ppm]

$c_{\text{refzero}}$  = stężenie odniesienia gazu zerowego, które zwykle wynosi zero, o ile nie podano inaczej [ppm]

$c_{\text{refspan}}$  = stężenie odniesienia gazu do ustawiania zakresu pomiarowego [ppm]

$c_{\text{prespan}}$  = odpowiedź analizatora gazowego na stężenie gazu do ustawiania zakresu pomiarowego odnotowana przed rozpoczęciem przedziału czasowego badania [ppm]

$c_{\text{postspan}}$  = odpowiedź analizatora gazowego na stężenie gazu do ustawiania zakresu pomiarowego odnotowana po zakończeniu przedziału czasowego badania [ppm]

$c_i$  lub  $\bar{c}$  = stężenie zarejestrowane, tj. zmierzone, podczas badania przez zastosowaniem korekcji ze względu na pełzanie [ppm]

$c_{\text{prezero}}$  = odpowiedź analizatora gazowego na stężenie gazu zerowego odnotowana przed rozpoczęciem przedziału czasowego badania [ppm]

$c_{\text{postzero}}$  = odpowiedź analizatora gazowego na stężenie gazu zerowego odnotowana po zakończeniu przedziału czasowego badania [ppm].

---

## ZAŁĄCZNIK 5

## CYKLE BADANIA

## 1. Cykle badania

## 1.1. Badania stacjonarne z fazami dyskretnymi

- a) W przypadku silników ze zmienną prędkością obrotową wykonuje się następujący cykl 8-fazowy <sup>(1)</sup> na badanym silniku zainstalowanym na stanowisku z hamulcem dynamometrycznym:

| Numer fazy | Prędkość obrotowa silnika           | Moment obrotowy [%] | Współczynnik wagowy |
|------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1          | Znamionowa (*) lub odniesienia (**) | 100                 | 0,15                |
| 2          | Znamionowa (*) lub odniesienia (**) | 75                  | 0,15                |
| 3          | Znamionowa (*) lub odniesienia (**) | 50                  | 0,15                |
| 4          | Znamionowa (*) lub odniesienia (**) | 10                  | 0,10                |
| 5          | Pośrednia                           | 100                 | 0,10                |
| 6          | Pośrednia                           | 75                  | 0,10                |
| 7          | Pośrednia                           | 50                  | 0,10                |
| 8          | Na biegu jałowym                    | —                   | 0,15                |

(\*) W przypadku silników badanych zgodnie z załącznikiem 4B zamiast prędkości znamionowej należy zastosować prędkość denormalizacyjną ( $n_{denorm}$ ) określoną w pkt 7.7.1.1 załącznika 4B. W takiej sytuacji należy również zastosować prędkość ( $n_{denorm}$ ) zamiast prędkości znamionowej przy ustalaniu prędkości obrotowej pośredniej.

(\*\*) W przypadku silników badanych zgodnie z załącznikiem 4A prędkość odniesienia określoną w pkt 4.3.1 załącznika 4A stosuje się wyłącznie fakultatywnie.

- b) W przypadku silników o stałej prędkości obrotowej wykonuje się następujący cykl 5-fazowy <sup>(2)</sup> na badanym silniku zainstalowanym na stanowisku z hamulcem dynamometrycznym:

| Numer fazy | Prędkość obrotowa silnika | Moment obrotowy [%] | Współczynnik wagowy |
|------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| 1          | Znamionowa                | 100                 | 0,05                |
| 2          | Znamionowa                | 75                  | 0,25                |
| 3          | Znamionowa                | 50                  | 0,30                |
| 4          | Znamionowa                | 25                  | 0,30                |
| 5          | Znamionowa                | 10                  | 0,10                |

Wartości obciążenia są wyrażone jako procentowe wartości momentu obrotowego odpowiadającego podstawowej mocy znamionowej <sup>(3)</sup> zdefiniowanej jako maksymalna moc możliwa do uzyskania podczas zmiennej sekwencji mocy, którą można uzyskiwać w czasie nielimitowanej liczby godzin pracy w ciągu roku, między ustalonymi przeglądami technicznymi i w podanych warunkach otoczenia, przy konserwacji prowadzonej według zaleceń producenta.

## 1.2. Badania stacjonarne ze zmianami jednostajnymi między fazami

- a) W przypadku silników ze zmienną prędkością obrotową do badań ze zmianami jednostajnymi między fazami stosuje się następujący 9-fazowy cykl pracy:

| Faza RMC       | Czas fazy [s] | Prędkość obrotowa silnika <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup> | Moment obrotowy (%) <sup>(6)</sup> , <sup>(6)</sup> |
|----------------|---------------|---|---|
| 1a Stacjonarna | 126           | Na biegu jałowym dla gorącego silnika                     | 0   |
| 1b Przejściowa | 20            | Przejście liniowe   | Przejście liniowe                                   |

<sup>(1)</sup> Identyfikacja z cyklem C1 opisanym w pkt 8.3 normy ISO 8178-4:2007 (sprost. 2008 r.).

<sup>(2)</sup> Identyfikacja z cyklem D2 opisanym w pkt 8.4 normy ISO 8178-4:2007 (sprost. 2008 r.).

<sup>(3)</sup> Aby lepiej zrozumieć definicję mocy podstawowej, należy zapoznać się z rysunkiem 2 normy ISO 8528-1:2005.

| Faza RMC       | Czas fazy [s] | Prędkość obrotowa silnika (°), (°)    | Moment obrotowy (%) (°), (°) |
|----------------|---------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 2a Stacjonarna | 159           | Pośrednia                             | 100                          |
| 2b Przejściowa | 20            | Pośrednia                             | Przejście liniowe            |
| 3a Stacjonarna | 160           | Pośrednia                             | 50                           |
| 3b Przejściowa | 20            | Pośrednia                             | Przejście liniowe            |
| 4a Stacjonarna | 162           | Pośrednia                             | 75                           |
| 4b Przejściowa | 20            | Przejście liniowe                     | Przejście liniowe            |
| 5a Stacjonarna | 246           | Znamionowa                            | 100                          |
| 5b Przejściowa | 20            | Znamionowa                            | Przejście liniowe            |
| 6a Stacjonarna | 164           | Znamionowa                            | 10                           |
| 6b Przejściowa | 20            | Znamionowa                            | Przejście liniowe            |
| 7a Stacjonarna | 248           | Znamionowa                            | 75                           |
| 7b Przejściowa | 20            | Znamionowa                            | Przejście liniowe            |
| 8a Stacjonarna | 247           | Znamionowa                            | 50                           |
| 8b Przejściowa | 20            | Przejście liniowe                     | Przejście liniowe            |
| 9 Stacjonarna  | 128           | Na biegu jałowym dla gorącego silnika | 0                            |

(°) Opisy prędkości obrotowej zgodnie z przypisem do badania stacjonarnego z fazami dyskretnymi.

(°) Procentowy moment obrotowy odnosi się do maksymalnego momentu obrotowego dla zadanej prędkości obrotowej silnika.

(°) Przejście od jednej fazy do następnej w ciągu 20-sekundowej fazy przejściowej. Podczas fazy przejściowej zadaje się liniowy postęp od ustawienia momentu obrotowego dla fazy bieżącej do ustawienia momentu obrotowego dla fazy następnej oraz jednocześnie zadaje się podobny postęp liniowy prędkości obrotowej silnika, jeżeli występuje zmiana ustawienia prędkości obrotowej

- b) W przypadku silników o stałej prędkości obrotowej do badań ze zmianami jednostajnymi między fazami stosuje się następujący 5-fazowy cykl pracy:

| Faza RMC       | Czas fazy [s] | Prędkość obrotowa silnika | Moment obrotowy (%) (°), (°) |
|----------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| 1a Stacjonarna | 53            | Regulowana przez silnik   | 100                          |
| 1b Przejściowa | 20            | Regulowana przez silnik   | Przejście liniowe            |
| 2a Stacjonarna | 101           | Regulowana przez silnik   | 10                           |
| 2b Przejściowa | 20            | Regulowana przez silnik   | Przejście liniowe            |
| 3a Stacjonarna | 277           | Regulowana przez silnik   | 75                           |
| 3b Przejściowa | 20            | Regulowana przez silnik   | Przejście liniowe            |
| 4a Stacjonarna | 339           | Regulowana przez silnik   | 25                           |
| 4b Przejściowa | 20            | Regulowana przez silnik   | Przejście liniowe            |
| 5 Stacjonarna  | 350           | Regulowana przez silnik   | 50                           |

(°) Procentowy moment obrotowy odnosi się do maksymalnego momentu obrotowego w badaniu.

(°) Przejście od jednej fazy do następnej w ciągu 20-sekundowej fazy przejściowej. Podczas fazy przejściowej zadaje się liniowy postęp od ustawienia momentu obrotowego dla fazy bieżącej do ustawienia momentu obrotowego dla fazy następnej.

## 1.3. Cykl niestacjonarny

- a) W przypadku silników o zmiennej prędkości obrotowej stosuje się następujący całkowicie niestacjonarny (zmienna prędkość obrotowa i zmienne obciążenie) program pracy hamulca dynamometrycznego silnika:

| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1         | 0                                  | 0                                | 35        | 9                                  | 21                               | 69        | 25                                 | 56                               |
| 2         | 0                                  | 0                                | 36        | 17                                 | 20                               | 70        | 64                                 | 26                               |
| 3         | 0                                  | 0                                | 37        | 33                                 | 42                               | 71        | 60                                 | 31                               |
| 4         | 0                                  | 0                                | 38        | 57                                 | 46                               | 72        | 63                                 | 20                               |
| 5         | 0                                  | 0                                | 39        | 44                                 | 33                               | 73        | 62                                 | 24                               |
| 6         | 0                                  | 0                                | 40        | 31                                 | 0                                | 74        | 64                                 | 8                                |
| 7         | 0                                  | 0                                | 41        | 22                                 | 27                               | 75        | 58                                 | 44                               |
| 8         | 0                                  | 0                                | 42        | 33                                 | 43                               | 76        | 65                                 | 10                               |
| 9         | 0                                  | 0                                | 43        | 80                                 | 49                               | 77        | 65                                 | 12                               |
| 10        | 0                                  | 0                                | 44        | 105                                | 47                               | 78        | 68                                 | 23                               |
| 11        | 0                                  | 0                                | 45        | 98                                 | 70                               | 79        | 69                                 | 30                               |
| 12        | 0                                  | 0                                | 46        | 104                                | 36                               | 80        | 71                                 | 30                               |
| 13        | 0                                  | 0                                | 47        | 104                                | 65                               | 81        | 74                                 | 15                               |
| 14        | 0                                  | 0                                | 48        | 96                                 | 71                               | 82        | 71                                 | 23                               |
| 15        | 0                                  | 0                                | 49        | 101                                | 62                               | 83        | 73                                 | 20                               |
| 16        | 0                                  | 0                                | 50        | 102                                | 51                               | 84        | 73                                 | 21                               |
| 17        | 0                                  | 0                                | 51        | 102                                | 50                               | 85        | 73                                 | 19                               |
| 18        | 0                                  | 0                                | 52        | 102                                | 46                               | 86        | 70                                 | 33                               |
| 19        | 0                                  | 0                                | 53        | 102                                | 41                               | 87        | 70                                 | 34                               |
| 20        | 0                                  | 0                                | 54        | 102                                | 31                               | 88        | 65                                 | 47                               |
| 21        | 0                                  | 0                                | 55        | 89                                 | 2                                | 89        | 66                                 | 47                               |
| 22        | 0                                  | 0                                | 56        | 82                                 | 0                                | 90        | 64                                 | 53                               |
| 23        | 0                                  | 0                                | 57        | 47                                 | 1                                | 91        | 65                                 | 45                               |
| 24        | 1                                  | 3                                | 58        | 23                                 | 1                                | 92        | 66                                 | 38                               |
| 25        | 1                                  | 3                                | 59        | 1                                  | 3                                | 93        | 67                                 | 49                               |
| 26        | 1                                  | 3                                | 60        | 1                                  | 8                                | 94        | 69                                 | 39                               |
| 27        | 1                                  | 3                                | 61        | 1                                  | 3                                | 95        | 69                                 | 39                               |
| 28        | 1                                  | 3                                | 62        | 1                                  | 5                                | 96        | 66                                 | 42                               |
| 29        | 1                                  | 3                                | 63        | 1                                  | 6                                | 97        | 71                                 | 29                               |
| 30        | 1                                  | 6                                | 64        | 1                                  | 4                                | 98        | 75                                 | 29                               |
| 31        | 1                                  | 6                                | 65        | 1                                  | 4                                | 99        | 72                                 | 23                               |
| 32        | 2                                  | 1                                | 66        | 0                                  | 6                                | 100       | 74                                 | 22                               |
| 33        | 4                                  | 13                               | 67        | 1                                  | 4                                | 101       | 75                                 | 24                               |
| 34        | 7                                  | 18                               | 68        | 9                                  | 21                               | 102       | 73                                 | 30                               |

| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 103       | 74                                 | 24                               | 140       | 104                                | 44                               | 177       | 19                                 | 10                               |
| 104       | 77                                 | 6                                | 141       | 103                                | 44                               | 178       | 1                                  | 18                               |
| 105       | 76                                 | 12                               | 142       | 104                                | 33                               | 179       | 0                                  | 16                               |
| 106       | 74                                 | 39                               | 143       | 102                                | 27                               | 180       | 1                                  | 3                                |
| 107       | 72                                 | 30                               | 144       | 103                                | 26                               | 181       | 1                                  | 4                                |
| 108       | 75                                 | 22                               | 145       | 79                                 | 53                               | 182       | 1                                  | 5                                |
| 109       | 78                                 | 64                               | 146       | 51                                 | 37                               | 183       | 1                                  | 6                                |
| 110       | 102                                | 34                               | 147       | 24                                 | 23                               | 184       | 1                                  | 5                                |
| 111       | 103                                | 28                               | 148       | 13                                 | 33                               | 185       | 1                                  | 3                                |
| 112       | 103                                | 28                               | 149       | 19                                 | 55                               | 186       | 1                                  | 4                                |
| 113       | 103                                | 19                               | 150       | 45                                 | 30                               | 187       | 1                                  | 4                                |
| 114       | 103                                | 32                               | 151       | 34                                 | 7                                | 188       | 1                                  | 6                                |
| 115       | 104                                | 25                               | 152       | 14                                 | 4                                | 189       | 8                                  | 18                               |
| 116       | 103                                | 38                               | 153       | 8                                  | 16                               | 190       | 20                                 | 51                               |
| 117       | 103                                | 39                               | 154       | 15                                 | 6                                | 191       | 49                                 | 19                               |
| 118       | 103                                | 34                               | 155       | 39                                 | 47                               | 192       | 41                                 | 13                               |
| 119       | 102                                | 44                               | 156       | 39                                 | 4                                | 193       | 31                                 | 16                               |
| 120       | 103                                | 38                               | 157       | 35                                 | 26                               | 194       | 28                                 | 21                               |
| 121       | 102                                | 43                               | 158       | 27                                 | 38                               | 195       | 21                                 | 17                               |
| 122       | 103                                | 34                               | 159       | 43                                 | 40                               | 196       | 31                                 | 21                               |
| 123       | 102                                | 41                               | 160       | 14                                 | 23                               | 197       | 21                                 | 8                                |
| 124       | 103                                | 44                               | 161       | 10                                 | 10                               | 198       | 0                                  | 14                               |
| 125       | 103                                | 37                               | 162       | 15                                 | 33                               | 199       | 0                                  | 12                               |
| 126       | 103                                | 27                               | 163       | 35                                 | 72                               | 200       | 3                                  | 8                                |
| 127       | 104                                | 13                               | 164       | 60                                 | 39                               | 201       | 3                                  | 22                               |
| 128       | 104                                | 30                               | 165       | 55                                 | 31                               | 202       | 12                                 | 20                               |
| 129       | 104                                | 19                               | 166       | 47                                 | 30                               | 203       | 14                                 | 20                               |
| 130       | 103                                | 28                               | 167       | 16                                 | 7                                | 204       | 16                                 | 17                               |
| 131       | 104                                | 40                               | 168       | 0                                  | 6                                | 205       | 20                                 | 18                               |
| 132       | 104                                | 32                               | 169       | 0                                  | 8                                | 206       | 27                                 | 34                               |
| 133       | 101                                | 63                               | 170       | 0                                  | 8                                | 207       | 32                                 | 33                               |
| 134       | 102                                | 54                               | 171       | 0                                  | 2                                | 208       | 41                                 | 31                               |
| 135       | 102                                | 52                               | 172       | 2                                  | 17                               | 209       | 43                                 | 31                               |
| 136       | 102                                | 51                               | 173       | 10                                 | 28                               | 210       | 37                                 | 33                               |
| 137       | 103                                | 40                               | 174       | 28                                 | 31                               | 211       | 26                                 | 18                               |
| 138       | 104                                | 34                               | 175       | 33                                 | 30                               | 212       | 18                                 | 29                               |
| 139       | 102                                | 36                               | 176       | 36                                 | 0                                | 213       | 14                                 | 51                               |

| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 214       | 13                                 | 11                               | 251       | 48                                 | 18                               | 288       | 71                                 | 60                               |
| 215       | 12                                 | 9                                | 252       | 54                                 | 51                               | 289       | 92                                 | 65                               |
| 216       | 15                                 | 33                               | 253       | 88                                 | 90                               | 290       | 82                                 | 63                               |
| 217       | 20                                 | 25                               | 254       | 103                                | 84                               | 291       | 61                                 | 47                               |
| 218       | 25                                 | 17                               | 255       | 103                                | 85                               | 292       | 52                                 | 37                               |
| 219       | 31                                 | 29                               | 256       | 102                                | 84                               | 293       | 24                                 | 0                                |
| 220       | 36                                 | 66                               | 257       | 58                                 | 66                               | 294       | 20                                 | 7                                |
| 221       | 66                                 | 40                               | 258       | 64                                 | 97                               | 295       | 39                                 | 48                               |
| 222       | 50                                 | 13                               | 259       | 56                                 | 80                               | 296       | 39                                 | 54                               |
| 223       | 16                                 | 24                               | 260       | 51                                 | 67                               | 297       | 63                                 | 58                               |
| 224       | 26                                 | 50                               | 261       | 52                                 | 96                               | 298       | 53                                 | 31                               |
| 225       | 64                                 | 23                               | 262       | 63                                 | 62                               | 299       | 51                                 | 24                               |
| 226       | 81                                 | 20                               | 263       | 71                                 | 6                                | 300       | 48                                 | 40                               |
| 227       | 83                                 | 11                               | 264       | 33                                 | 16                               | 301       | 39                                 | 0                                |
| 228       | 79                                 | 23                               | 265       | 47                                 | 45                               | 302       | 35                                 | 18                               |
| 229       | 76                                 | 31                               | 266       | 43                                 | 56                               | 303       | 36                                 | 16                               |
| 230       | 68                                 | 24                               | 267       | 42                                 | 27                               | 304       | 29                                 | 17                               |
| 231       | 59                                 | 33                               | 268       | 42                                 | 64                               | 305       | 28                                 | 21                               |
| 232       | 59                                 | 3                                | 269       | 75                                 | 74                               | 306       | 31                                 | 15                               |
| 233       | 25                                 | 7                                | 270       | 68                                 | 96                               | 307       | 31                                 | 10                               |
| 234       | 21                                 | 10                               | 271       | 86                                 | 61                               | 308       | 43                                 | 19                               |
| 235       | 20                                 | 19                               | 272       | 66                                 | 0                                | 309       | 49                                 | 63                               |
| 236       | 4                                  | 10                               | 273       | 37                                 | 0                                | 310       | 78                                 | 61                               |
| 237       | 5                                  | 7                                | 274       | 45                                 | 37                               | 311       | 78                                 | 46                               |
| 238       | 4                                  | 5                                | 275       | 68                                 | 96                               | 312       | 66                                 | 65                               |
| 239       | 4                                  | 6                                | 276       | 80                                 | 97                               | 313       | 78                                 | 97                               |
| 240       | 4                                  | 6                                | 277       | 92                                 | 96                               | 314       | 84                                 | 63                               |
| 241       | 4                                  | 5                                | 278       | 90                                 | 97                               | 315       | 57                                 | 26                               |
| 242       | 7                                  | 5                                | 279       | 82                                 | 96                               | 316       | 36                                 | 22                               |
| 243       | 16                                 | 28                               | 280       | 94                                 | 81                               | 317       | 20                                 | 34                               |
| 244       | 28                                 | 25                               | 281       | 90                                 | 85                               | 318       | 19                                 | 8                                |
| 245       | 52                                 | 53                               | 282       | 96                                 | 65                               | 319       | 9                                  | 10                               |
| 246       | 50                                 | 8                                | 283       | 70                                 | 96                               | 320       | 5                                  | 5                                |
| 247       | 26                                 | 40                               | 284       | 55                                 | 95                               | 321       | 7                                  | 11                               |
| 248       | 48                                 | 29                               | 285       | 70                                 | 96                               | 322       | 15                                 | 15                               |
| 249       | 54                                 | 39                               | 286       | 79                                 | 96                               | 323       | 12                                 | 9                                |
| 250       | 60                                 | 42                               | 287       | 81                                 | 71                               | 324       | 13                                 | 27                               |

| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 325       | 15                                 | 28                               | 362       | 34                                 | 53                               | 399       | 77                                 | 93                               |
| 326       | 16                                 | 28                               | 363       | 65                                 | 83                               | 400       | 79                                 | 67                               |
| 327       | 16                                 | 31                               | 364       | 80                                 | 44                               | 401       | 46                                 | 65                               |
| 328       | 15                                 | 20                               | 365       | 77                                 | 46                               | 402       | 69                                 | 98                               |
| 329       | 17                                 | 0                                | 366       | 76                                 | 50                               | 403       | 80                                 | 97                               |
| 330       | 20                                 | 34                               | 367       | 45                                 | 52                               | 404       | 74                                 | 97                               |
| 331       | 21                                 | 25                               | 368       | 61                                 | 98                               | 405       | 75                                 | 98                               |
| 332       | 20                                 | 0                                | 369       | 61                                 | 69                               | 406       | 56                                 | 61                               |
| 333       | 23                                 | 25                               | 370       | 63                                 | 49                               | 407       | 42                                 | 0                                |
| 334       | 30                                 | 58                               | 371       | 32                                 | 0                                | 408       | 36                                 | 32                               |
| 335       | 63                                 | 96                               | 372       | 10                                 | 8                                | 409       | 34                                 | 43                               |
| 336       | 83                                 | 60                               | 373       | 17                                 | 7                                | 410       | 68                                 | 83                               |
| 337       | 61                                 | 0                                | 374       | 16                                 | 13                               | 411       | 102                                | 48                               |
| 338       | 26                                 | 0                                | 375       | 11                                 | 6                                | 412       | 62                                 | 0                                |
| 339       | 29                                 | 44                               | 376       | 9                                  | 5                                | 413       | 41                                 | 39                               |
| 340       | 68                                 | 97                               | 377       | 9                                  | 12                               | 414       | 71                                 | 86                               |
| 341       | 80                                 | 97                               | 378       | 12                                 | 46                               | 415       | 91                                 | 52                               |
| 342       | 88                                 | 97                               | 379       | 15                                 | 30                               | 416       | 89                                 | 55                               |
| 343       | 99                                 | 88                               | 380       | 26                                 | 28                               | 417       | 89                                 | 56                               |
| 344       | 102                                | 86                               | 381       | 13                                 | 9                                | 418       | 88                                 | 58                               |
| 345       | 100                                | 82                               | 382       | 16                                 | 21                               | 419       | 78                                 | 69                               |
| 346       | 74                                 | 79                               | 383       | 24                                 | 4                                | 420       | 98                                 | 39                               |
| 347       | 57                                 | 79                               | 384       | 36                                 | 43                               | 421       | 64                                 | 61                               |
| 348       | 76                                 | 97                               | 385       | 65                                 | 85                               | 422       | 90                                 | 34                               |
| 349       | 84                                 | 97                               | 386       | 78                                 | 66                               | 423       | 88                                 | 38                               |
| 350       | 86                                 | 97                               | 387       | 63                                 | 39                               | 424       | 97                                 | 62                               |
| 351       | 81                                 | 98                               | 388       | 32                                 | 34                               | 425       | 100                                | 53                               |
| 352       | 83                                 | 83                               | 389       | 46                                 | 55                               | 426       | 81                                 | 58                               |
| 353       | 65                                 | 96                               | 390       | 47                                 | 42                               | 427       | 74                                 | 51                               |
| 354       | 93                                 | 72                               | 391       | 42                                 | 39                               | 428       | 76                                 | 57                               |
| 355       | 63                                 | 60                               | 392       | 27                                 | 0                                | 429       | 76                                 | 72                               |
| 356       | 72                                 | 49                               | 393       | 14                                 | 5                                | 430       | 85                                 | 72                               |
| 357       | 56                                 | 27                               | 394       | 14                                 | 14                               | 431       | 84                                 | 60                               |
| 358       | 29                                 | 0                                | 395       | 24                                 | 54                               | 432       | 83                                 | 72                               |
| 359       | 18                                 | 13                               | 396       | 60                                 | 90                               | 433       | 83                                 | 72                               |
| 360       | 25                                 | 11                               | 397       | 53                                 | 66                               | 434       | 86                                 | 72                               |
| 361       | 28                                 | 24                               | 398       | 70                                 | 48                               | 435       | 89                                 | 72                               |



| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 436       | 86                                 | 72                               | 473       | 78                                 | 73                               | 510       | 83                                 | 73                               |
| 437       | 87                                 | 72                               | 474       | 76                                 | 73                               | 511       | 85                                 | 73                               |
| 438       | 88                                 | 72                               | 475       | 79                                 | 73                               | 512       | 84                                 | 73                               |
| 439       | 88                                 | 71                               | 476       | 82                                 | 73                               | 513       | 85                                 | 73                               |
| 440       | 87                                 | 72                               | 477       | 86                                 | 73                               | 514       | 86                                 | 73                               |
| 441       | 85                                 | 71                               | 478       | 88                                 | 72                               | 515       | 85                                 | 73                               |
| 442       | 88                                 | 72                               | 479       | 92                                 | 71                               | 516       | 85                                 | 73                               |
| 443       | 88                                 | 72                               | 480       | 97                                 | 54                               | 517       | 85                                 | 72                               |
| 444       | 84                                 | 72                               | 481       | 73                                 | 43                               | 518       | 85                                 | 73                               |
| 445       | 83                                 | 73                               | 482       | 36                                 | 64                               | 519       | 83                                 | 73                               |
| 446       | 77                                 | 73                               | 483       | 63                                 | 31                               | 520       | 79                                 | 73                               |
| 447       | 74                                 | 73                               | 484       | 78                                 | 1                                | 521       | 78                                 | 73                               |
| 448       | 76                                 | 72                               | 485       | 69                                 | 27                               | 522       | 81                                 | 73                               |
| 449       | 46                                 | 77                               | 486       | 67                                 | 28                               | 523       | 82                                 | 72                               |
| 450       | 78                                 | 62                               | 487       | 72                                 | 9                                | 524       | 94                                 | 56                               |
| 451       | 79                                 | 35                               | 488       | 71                                 | 9                                | 525       | 66                                 | 48                               |
| 452       | 82                                 | 38                               | 489       | 78                                 | 36                               | 526       | 35                                 | 71                               |
| 453       | 81                                 | 41                               | 490       | 81                                 | 56                               | 527       | 51                                 | 44                               |
| 454       | 79                                 | 37                               | 491       | 75                                 | 53                               | 528       | 60                                 | 23                               |
| 455       | 78                                 | 35                               | 492       | 60                                 | 45                               | 529       | 64                                 | 10                               |
| 456       | 78                                 | 38                               | 493       | 50                                 | 37                               | 530       | 63                                 | 14                               |
| 457       | 78                                 | 46                               | 494       | 66                                 | 41                               | 531       | 70                                 | 37                               |
| 458       | 75                                 | 49                               | 495       | 51                                 | 61                               | 532       | 76                                 | 45                               |
| 459       | 73                                 | 50                               | 496       | 68                                 | 47                               | 533       | 78                                 | 18                               |
| 460       | 79                                 | 58                               | 497       | 29                                 | 42                               | 534       | 76                                 | 51                               |
| 461       | 79                                 | 71                               | 498       | 24                                 | 73                               | 535       | 75                                 | 33                               |
| 462       | 83                                 | 44                               | 499       | 64                                 | 71                               | 536       | 81                                 | 17                               |
| 463       | 53                                 | 48                               | 500       | 90                                 | 71                               | 537       | 76                                 | 45                               |
| 464       | 40                                 | 48                               | 501       | 100                                | 61                               | 538       | 76                                 | 30                               |
| 465       | 51                                 | 75                               | 502       | 94                                 | 73                               | 539       | 80                                 | 14                               |
| 466       | 75                                 | 72                               | 503       | 84                                 | 73                               | 540       | 71                                 | 18                               |
| 467       | 89                                 | 67                               | 504       | 79                                 | 73                               | 541       | 71                                 | 14                               |
| 468       | 93                                 | 60                               | 505       | 75                                 | 72                               | 542       | 71                                 | 11                               |
| 469       | 89                                 | 73                               | 506       | 78                                 | 73                               | 543       | 65                                 | 2                                |
| 470       | 86                                 | 73                               | 507       | 80                                 | 73                               | 544       | 31                                 | 26                               |
| 471       | 81                                 | 73                               | 508       | 81                                 | 73                               | 545       | 24                                 | 72                               |
| 472       | 78                                 | 73                               | 509       | 81                                 | 73                               | 546       | 64                                 | 70                               |

| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 547       | 77                                 | 62                               | 584       | 89                                 | 68                               | 621       | 65                                 | 73                               |
| 548       | 80                                 | 68                               | 585       | 99                                 | 61                               | 622       | 68                                 | 73                               |
| 549       | 83                                 | 53                               | 586       | 77                                 | 29                               | 623       | 65                                 | 49                               |
| 550       | 83                                 | 50                               | 587       | 81                                 | 72                               | 624       | 81                                 | 0                                |
| 551       | 83                                 | 50                               | 588       | 89                                 | 69                               | 625       | 37                                 | 25                               |
| 552       | 85                                 | 43                               | 589       | 49                                 | 56                               | 626       | 24                                 | 69                               |
| 553       | 86                                 | 45                               | 590       | 79                                 | 70                               | 627       | 68                                 | 71                               |
| 554       | 89                                 | 35                               | 591       | 104                                | 59                               | 628       | 70                                 | 71                               |
| 555       | 82                                 | 61                               | 592       | 103                                | 54                               | 629       | 76                                 | 70                               |
| 556       | 87                                 | 50                               | 593       | 102                                | 56                               | 630       | 71                                 | 72                               |
| 557       | 85                                 | 55                               | 594       | 102                                | 56                               | 631       | 73                                 | 69                               |
| 558       | 89                                 | 49                               | 595       | 103                                | 61                               | 632       | 76                                 | 70                               |
| 559       | 87                                 | 70                               | 596       | 102                                | 64                               | 633       | 77                                 | 72                               |
| 560       | 91                                 | 39                               | 597       | 103                                | 60                               | 634       | 77                                 | 72                               |
| 561       | 72                                 | 3                                | 598       | 93                                 | 72                               | 635       | 77                                 | 72                               |
| 562       | 43                                 | 25                               | 599       | 86                                 | 73                               | 636       | 77                                 | 70                               |
| 563       | 30                                 | 60                               | 600       | 76                                 | 73                               | 637       | 76                                 | 71                               |
| 564       | 40                                 | 45                               | 601       | 59                                 | 49                               | 638       | 76                                 | 71                               |
| 565       | 37                                 | 32                               | 602       | 46                                 | 22                               | 639       | 77                                 | 71                               |
| 566       | 37                                 | 32                               | 603       | 40                                 | 65                               | 640       | 77                                 | 71                               |
| 567       | 43                                 | 70                               | 604       | 72                                 | 31                               | 641       | 78                                 | 70                               |
| 568       | 70                                 | 54                               | 605       | 72                                 | 27                               | 642       | 77                                 | 70                               |
| 569       | 77                                 | 47                               | 606       | 67                                 | 44                               | 643       | 77                                 | 71                               |
| 570       | 79                                 | 66                               | 607       | 68                                 | 37                               | 644       | 79                                 | 72                               |
| 571       | 85                                 | 53                               | 608       | 67                                 | 42                               | 645       | 78                                 | 70                               |
| 572       | 83                                 | 57                               | 609       | 68                                 | 50                               | 646       | 80                                 | 70                               |
| 573       | 86                                 | 52                               | 610       | 77                                 | 43                               | 647       | 82                                 | 71                               |
| 574       | 85                                 | 51                               | 611       | 58                                 | 4                                | 648       | 84                                 | 71                               |
| 575       | 70                                 | 39                               | 612       | 22                                 | 37                               | 649       | 83                                 | 71                               |
| 576       | 50                                 | 5                                | 613       | 57                                 | 69                               | 650       | 83                                 | 73                               |
| 577       | 38                                 | 36                               | 614       | 68                                 | 38                               | 651       | 81                                 | 70                               |
| 578       | 30                                 | 71                               | 615       | 73                                 | 2                                | 652       | 80                                 | 71                               |
| 579       | 75                                 | 53                               | 616       | 40                                 | 14                               | 653       | 78                                 | 71                               |
| 580       | 84                                 | 40                               | 617       | 42                                 | 38                               | 654       | 76                                 | 70                               |
| 581       | 85                                 | 42                               | 618       | 64                                 | 69                               | 655       | 76                                 | 70                               |
| 582       | 86                                 | 49                               | 619       | 64                                 | 74                               | 656       | 76                                 | 71                               |
| 583       | 86                                 | 57                               | 620       | 67                                 | 73                               | 657       | 79                                 | 71                               |

| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 658       | 78                                 | 71                               | 695       | 101                                | 69                               | 732       | 103                                | 30                               |
| 659       | 81                                 | 70                               | 696       | 100                                | 69                               | 733       | 103                                | 44                               |
| 660       | 83                                 | 72                               | 697       | 102                                | 71                               | 734       | 102                                | 40                               |
| 661       | 84                                 | 71                               | 698       | 102                                | 71                               | 735       | 103                                | 43                               |
| 662       | 86                                 | 71                               | 699       | 102                                | 69                               | 736       | 103                                | 41                               |
| 663       | 87                                 | 71                               | 700       | 102                                | 71                               | 737       | 102                                | 46                               |
| 664       | 92                                 | 72                               | 701       | 102                                | 68                               | 738       | 103                                | 39                               |
| 665       | 91                                 | 72                               | 702       | 100                                | 69                               | 739       | 102                                | 41                               |
| 666       | 90                                 | 71                               | 703       | 102                                | 70                               | 740       | 103                                | 41                               |
| 667       | 90                                 | 71                               | 704       | 102                                | 68                               | 741       | 102                                | 38                               |
| 668       | 91                                 | 71                               | 705       | 102                                | 70                               | 742       | 103                                | 39                               |
| 669       | 90                                 | 70                               | 706       | 102                                | 72                               | 743       | 102                                | 46                               |
| 670       | 90                                 | 72                               | 707       | 102                                | 68                               | 744       | 104                                | 46                               |
| 671       | 91                                 | 71                               | 708       | 102                                | 69                               | 745       | 103                                | 49                               |
| 672       | 90                                 | 71                               | 709       | 100                                | 68                               | 746       | 102                                | 45                               |
| 673       | 90                                 | 71                               | 710       | 102                                | 71                               | 747       | 103                                | 42                               |
| 674       | 92                                 | 72                               | 711       | 101                                | 64                               | 748       | 103                                | 46                               |
| 675       | 93                                 | 69                               | 712       | 102                                | 69                               | 749       | 103                                | 38                               |
| 676       | 90                                 | 70                               | 713       | 102                                | 69                               | 750       | 102                                | 48                               |
| 677       | 93                                 | 72                               | 714       | 101                                | 69                               | 751       | 103                                | 35                               |
| 678       | 91                                 | 70                               | 715       | 102                                | 64                               | 752       | 102                                | 48                               |
| 679       | 89                                 | 71                               | 716       | 102                                | 69                               | 753       | 103                                | 49                               |
| 680       | 91                                 | 71                               | 717       | 102                                | 68                               | 754       | 102                                | 48                               |
| 681       | 90                                 | 71                               | 718       | 102                                | 70                               | 755       | 102                                | 46                               |
| 682       | 90                                 | 71                               | 719       | 102                                | 69                               | 756       | 103                                | 47                               |
| 683       | 92                                 | 71                               | 720       | 102                                | 70                               | 757       | 102                                | 49                               |
| 684       | 91                                 | 71                               | 721       | 102                                | 70                               | 758       | 102                                | 42                               |
| 685       | 93                                 | 71                               | 722       | 102                                | 62                               | 759       | 102                                | 52                               |
| 686       | 93                                 | 68                               | 723       | 104                                | 38                               | 760       | 102                                | 57                               |
| 687       | 98                                 | 68                               | 724       | 104                                | 15                               | 761       | 102                                | 55                               |
| 688       | 98                                 | 67                               | 725       | 102                                | 24                               | 762       | 102                                | 61                               |
| 689       | 100                                | 69                               | 726       | 102                                | 45                               | 763       | 102                                | 61                               |
| 690       | 99                                 | 68                               | 727       | 102                                | 47                               | 764       | 102                                | 58                               |
| 691       | 100                                | 71                               | 728       | 104                                | 40                               | 765       | 103                                | 58                               |
| 692       | 99                                 | 68                               | 729       | 101                                | 52                               | 766       | 102                                | 59                               |
| 693       | 100                                | 69                               | 730       | 103                                | 32                               | 767       | 102                                | 54                               |
| 694       | 102                                | 72                               | 731       | 102                                | 50                               | 768       | 102                                | 63                               |

| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 769       | 102                                | 61                               | 806       | 105                                | 94                               | 843       | 80                                 | 26                               |
| 770       | 103                                | 55                               | 807       | 105                                | 100                              | 844       | 80                                 | 26                               |
| 771       | 102                                | 60                               | 808       | 105                                | 98                               | 845       | 81                                 | 25                               |
| 772       | 102                                | 72                               | 809       | 105                                | 95                               | 846       | 80                                 | 21                               |
| 773       | 103                                | 56                               | 810       | 105                                | 96                               | 847       | 81                                 | 20                               |
| 774       | 102                                | 55                               | 811       | 105                                | 92                               | 848       | 83                                 | 21                               |
| 775       | 102                                | 67                               | 812       | 104                                | 97                               | 849       | 83                                 | 15                               |
| 776       | 103                                | 56                               | 813       | 100                                | 85                               | 850       | 83                                 | 12                               |
| 777       | 84                                 | 42                               | 814       | 94                                 | 74                               | 851       | 83                                 | 9                                |
| 778       | 48                                 | 7                                | 815       | 87                                 | 62                               | 852       | 83                                 | 8                                |
| 779       | 48                                 | 6                                | 816       | 81                                 | 50                               | 853       | 83                                 | 7                                |
| 780       | 48                                 | 6                                | 817       | 81                                 | 46                               | 854       | 83                                 | 6                                |
| 781       | 48                                 | 7                                | 818       | 80                                 | 39                               | 855       | 83                                 | 6                                |
| 782       | 48                                 | 6                                | 819       | 80                                 | 32                               | 856       | 83                                 | 6                                |
| 783       | 48                                 | 7                                | 820       | 81                                 | 28                               | 857       | 83                                 | 6                                |
| 784       | 67                                 | 21                               | 821       | 80                                 | 26                               | 858       | 83                                 | 6                                |
| 785       | 105                                | 59                               | 822       | 80                                 | 23                               | 859       | 76                                 | 5                                |
| 786       | 105                                | 96                               | 823       | 80                                 | 23                               | 860       | 49                                 | 8                                |
| 787       | 105                                | 74                               | 824       | 80                                 | 20                               | 861       | 51                                 | 7                                |
| 788       | 105                                | 66                               | 825       | 81                                 | 19                               | 862       | 51                                 | 20                               |
| 789       | 105                                | 62                               | 826       | 80                                 | 18                               | 863       | 78                                 | 52                               |
| 790       | 105                                | 66                               | 827       | 81                                 | 17                               | 864       | 80                                 | 38                               |
| 791       | 89                                 | 41                               | 828       | 80                                 | 20                               | 865       | 81                                 | 33                               |
| 792       | 52                                 | 5                                | 829       | 81                                 | 24                               | 866       | 83                                 | 29                               |
| 793       | 48                                 | 5                                | 830       | 81                                 | 21                               | 867       | 83                                 | 22                               |
| 794       | 48                                 | 7                                | 831       | 80                                 | 26                               | 868       | 83                                 | 16                               |
| 795       | 48                                 | 5                                | 832       | 80                                 | 24                               | 869       | 83                                 | 12                               |
| 796       | 48                                 | 6                                | 833       | 80                                 | 23                               | 870       | 83                                 | 9                                |
| 797       | 48                                 | 4                                | 834       | 80                                 | 22                               | 871       | 83                                 | 8                                |
| 798       | 52                                 | 6                                | 835       | 81                                 | 21                               | 872       | 83                                 | 7                                |
| 799       | 51                                 | 5                                | 836       | 81                                 | 24                               | 873       | 83                                 | 6                                |
| 800       | 51                                 | 6                                | 837       | 81                                 | 24                               | 874       | 83                                 | 6                                |
| 801       | 51                                 | 6                                | 838       | 81                                 | 22                               | 875       | 83                                 | 6                                |
| 802       | 52                                 | 5                                | 839       | 81                                 | 22                               | 876       | 83                                 | 6                                |
| 803       | 52                                 | 5                                | 840       | 81                                 | 21                               | 877       | 83                                 | 6                                |
| 804       | 57                                 | 44                               | 841       | 81                                 | 31                               | 878       | 59                                 | 4                                |
| 805       | 98                                 | 90                               | 842       | 81                                 | 27                               | 879       | 50                                 | 5                                |

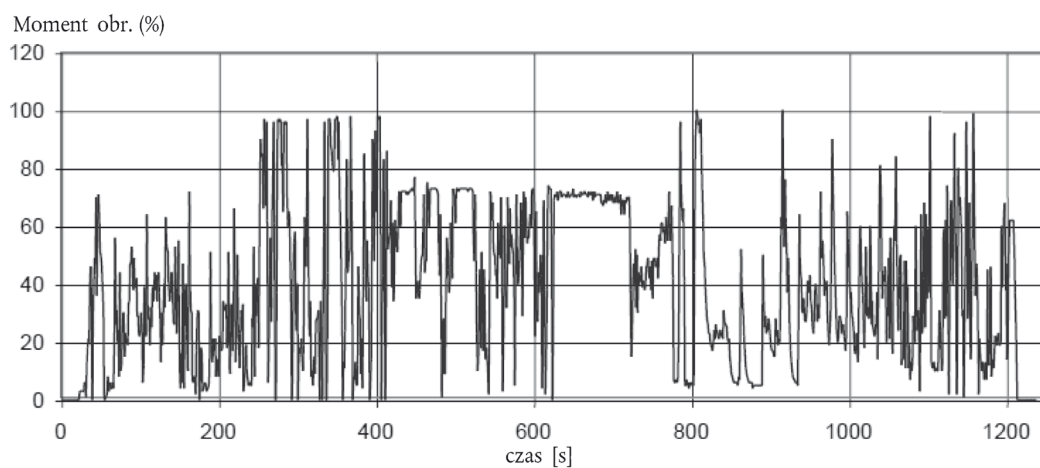
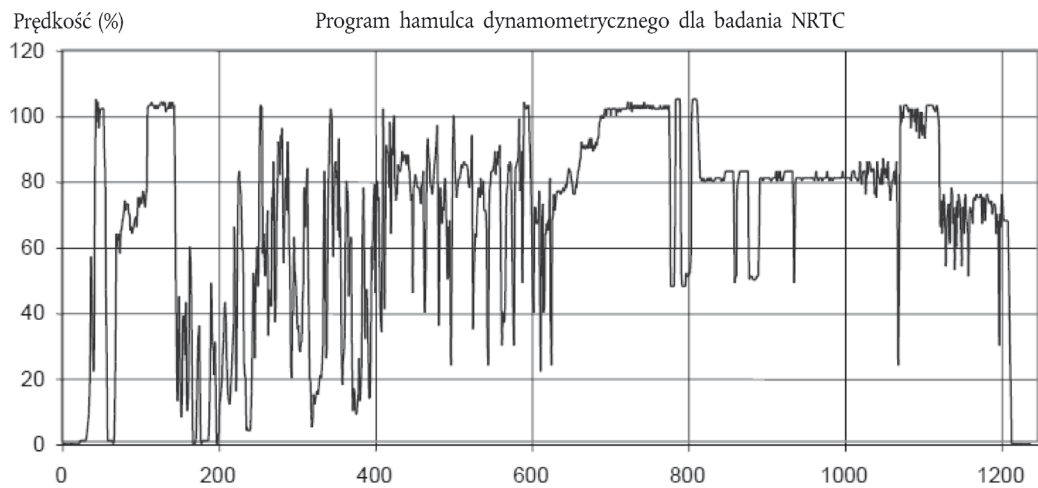
| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 880       | 51                                 | 5                                | 917       | 81                                 | 73                               | 954       | 81                                 | 26                               |
| 881       | 51                                 | 5                                | 918       | 83                                 | 53                               | 955       | 81                                 | 23                               |
| 882       | 51                                 | 5                                | 919       | 80                                 | 76                               | 956       | 81                                 | 27                               |
| 883       | 50                                 | 5                                | 920       | 81                                 | 61                               | 957       | 81                                 | 38                               |
| 884       | 50                                 | 5                                | 921       | 80                                 | 50                               | 958       | 81                                 | 40                               |
| 885       | 50                                 | 5                                | 922       | 81                                 | 37                               | 959       | 81                                 | 39                               |
| 886       | 50                                 | 5                                | 923       | 82                                 | 49                               | 960       | 81                                 | 27                               |
| 887       | 50                                 | 5                                | 924       | 83                                 | 37                               | 961       | 81                                 | 33                               |
| 888       | 51                                 | 5                                | 925       | 83                                 | 25                               | 962       | 80                                 | 28                               |
| 889       | 51                                 | 5                                | 926       | 83                                 | 17                               | 963       | 81                                 | 34                               |
| 890       | 51                                 | 5                                | 927       | 83                                 | 13                               | 964       | 83                                 | 72                               |
| 891       | 63                                 | 50                               | 928       | 83                                 | 10                               | 965       | 81                                 | 49                               |
| 892       | 81                                 | 34                               | 929       | 83                                 | 8                                | 966       | 81                                 | 51                               |
| 893       | 81                                 | 25                               | 930       | 83                                 | 7                                | 967       | 80                                 | 55                               |
| 894       | 81                                 | 29                               | 931       | 83                                 | 7                                | 968       | 81                                 | 48                               |
| 895       | 81                                 | 23                               | 932       | 83                                 | 6                                | 969       | 81                                 | 36                               |
| 896       | 80                                 | 24                               | 933       | 83                                 | 6                                | 970       | 81                                 | 39                               |
| 897       | 81                                 | 24                               | 934       | 83                                 | 6                                | 971       | 81                                 | 38                               |
| 898       | 81                                 | 28                               | 935       | 71                                 | 5                                | 972       | 80                                 | 41                               |
| 899       | 81                                 | 27                               | 936       | 49                                 | 24                               | 973       | 81                                 | 30                               |
| 900       | 81                                 | 22                               | 937       | 69                                 | 64                               | 974       | 81                                 | 23                               |
| 901       | 81                                 | 19                               | 938       | 81                                 | 50                               | 975       | 81                                 | 19                               |
| 902       | 81                                 | 17                               | 939       | 81                                 | 43                               | 976       | 81                                 | 25                               |
| 903       | 81                                 | 17                               | 940       | 81                                 | 42                               | 977       | 81                                 | 29                               |
| 904       | 81                                 | 17                               | 941       | 81                                 | 31                               | 978       | 83                                 | 47                               |
| 905       | 81                                 | 15                               | 942       | 81                                 | 30                               | 979       | 81                                 | 90                               |
| 906       | 80                                 | 15                               | 943       | 81                                 | 35                               | 980       | 81                                 | 75                               |
| 907       | 80                                 | 28                               | 944       | 81                                 | 28                               | 981       | 80                                 | 60                               |
| 908       | 81                                 | 22                               | 945       | 81                                 | 27                               | 982       | 81                                 | 48                               |
| 909       | 81                                 | 24                               | 946       | 80                                 | 27                               | 983       | 81                                 | 41                               |
| 910       | 81                                 | 19                               | 947       | 81                                 | 31                               | 984       | 81                                 | 30                               |
| 911       | 81                                 | 21                               | 948       | 81                                 | 41                               | 985       | 80                                 | 24                               |
| 912       | 81                                 | 20                               | 949       | 81                                 | 41                               | 986       | 81                                 | 20                               |
| 913       | 83                                 | 26                               | 950       | 81                                 | 37                               | 987       | 81                                 | 21                               |
| 914       | 80                                 | 63                               | 951       | 81                                 | 43                               | 988       | 81                                 | 29                               |
| 915       | 80                                 | 59                               | 952       | 81                                 | 34                               | 989       | 81                                 | 29                               |
| 916       | 83                                 | 100                              | 953       | 81                                 | 31                               | 990       | 81                                 | 27                               |

| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 991       | 81                                 | 23                               | 1 028     | 79                                 | 51                               | 1 065     | 79                                 | 49                               |
| 992       | 81                                 | 25                               | 1 029     | 86                                 | 26                               | 1 066     | 83                                 | 50                               |
| 993       | 81                                 | 26                               | 1 030     | 82                                 | 34                               | 1 067     | 86                                 | 12                               |
| 994       | 81                                 | 22                               | 1 031     | 84                                 | 25                               | 1 068     | 64                                 | 14                               |
| 995       | 81                                 | 20                               | 1 032     | 86                                 | 23                               | 1 069     | 24                                 | 14                               |
| 996       | 81                                 | 17                               | 1 033     | 85                                 | 22                               | 1 070     | 49                                 | 21                               |
| 997       | 81                                 | 23                               | 1 034     | 83                                 | 26                               | 1 071     | 77                                 | 48                               |
| 998       | 83                                 | 65                               | 1 035     | 83                                 | 25                               | 1 072     | 103                                | 11                               |
| 999       | 81                                 | 54                               | 1 036     | 83                                 | 37                               | 1 073     | 98                                 | 48                               |
| 1 000     | 81                                 | 50                               | 1 037     | 84                                 | 14                               | 1 074     | 101                                | 34                               |
| 1 001     | 81                                 | 41                               | 1 038     | 83                                 | 39                               | 1 075     | 99                                 | 39                               |
| 1 002     | 81                                 | 35                               | 1 039     | 76                                 | 70                               | 1 076     | 103                                | 11                               |
| 1 003     | 81                                 | 37                               | 1 040     | 78                                 | 81                               | 1 077     | 103                                | 19                               |
| 1 004     | 81                                 | 29                               | 1 041     | 75                                 | 71                               | 1 078     | 103                                | 7                                |
| 1 005     | 81                                 | 28                               | 1 042     | 86                                 | 47                               | 1 079     | 103                                | 13                               |
| 1 006     | 81                                 | 24                               | 1 043     | 83                                 | 35                               | 1 080     | 103                                | 10                               |
| 1 007     | 81                                 | 19                               | 1 044     | 81                                 | 43                               | 1 081     | 102                                | 13                               |
| 1 008     | 81                                 | 16                               | 1 045     | 81                                 | 41                               | 1 082     | 101                                | 29                               |
| 1 009     | 80                                 | 16                               | 1 046     | 79                                 | 46                               | 1 083     | 102                                | 25                               |
| 1 010     | 83                                 | 23                               | 1 047     | 80                                 | 44                               | 1 084     | 102                                | 20                               |
| 1 011     | 83                                 | 17                               | 1 048     | 84                                 | 20                               | 1 085     | 96                                 | 60                               |
| 1 012     | 83                                 | 13                               | 1 049     | 79                                 | 31                               | 1 086     | 99                                 | 38                               |
| 1 013     | 83                                 | 27                               | 1 050     | 87                                 | 29                               | 1 087     | 102                                | 24                               |
| 1 014     | 81                                 | 58                               | 1 051     | 82                                 | 49                               | 1 088     | 100                                | 31                               |
| 1 015     | 81                                 | 60                               | 1 052     | 84                                 | 21                               | 1 089     | 100                                | 28                               |
| 1 016     | 81                                 | 46                               | 1 053     | 82                                 | 56                               | 1 090     | 98                                 | 3                                |
| 1 017     | 80                                 | 41                               | 1 054     | 81                                 | 30                               | 1 091     | 102                                | 26                               |
| 1 018     | 80                                 | 36                               | 1 055     | 85                                 | 21                               | 1 092     | 95                                 | 64                               |
| 1 019     | 81                                 | 26                               | 1 056     | 86                                 | 16                               | 1 093     | 102                                | 23                               |
| 1 020     | 86                                 | 18                               | 1 057     | 79                                 | 52                               | 1 094     | 102                                | 25                               |
| 1 021     | 82                                 | 35                               | 1 058     | 78                                 | 60                               | 1 095     | 98                                 | 42                               |
| 1 022     | 79                                 | 53                               | 1 059     | 74                                 | 55                               | 1 096     | 93                                 | 68                               |
| 1 023     | 82                                 | 30                               | 1 060     | 78                                 | 84                               | 1 097     | 101                                | 25                               |
| 1 024     | 83                                 | 29                               | 1 061     | 80                                 | 54                               | 1 098     | 95                                 | 64                               |
| 1 025     | 83                                 | 32                               | 1 062     | 80                                 | 35                               | 1 099     | 101                                | 35                               |
| 1 026     | 83                                 | 28                               | 1 063     | 82                                 | 24                               | 1 100     | 94                                 | 59                               |
| 1 027     | 76                                 | 60                               | 1 064     | 83                                 | 43                               | 1 101     | 97                                 | 37                               |

| Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% | Czas<br>s | Norm.<br>prędkość<br>obrotowa<br>% | Norm.<br>moment<br>obrotowy<br>% |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 102     | 97                                 | 60                               | 1 139     | 67                                 | 80                               | 1 176     | 67                                 | 45                               |
| 1 103     | 93                                 | 98                               | 1 140     | 70                                 | 67                               | 1 177     | 75                                 | 13                               |
| 1 104     | 98                                 | 53                               | 1 141     | 53                                 | 70                               | 1 178     | 75                                 | 12                               |
| 1 105     | 103                                | 13                               | 1 142     | 72                                 | 65                               | 1 179     | 73                                 | 21                               |
| 1 106     | 103                                | 11                               | 1 143     | 60                                 | 57                               | 1 180     | 68                                 | 46                               |
| 1 107     | 103                                | 11                               | 1 144     | 74                                 | 29                               | 1 181     | 74                                 | 8                                |
| 1 108     | 103                                | 13                               | 1 145     | 69                                 | 31                               | 1 182     | 76                                 | 11                               |
| 1 109     | 103                                | 10                               | 1 146     | 76                                 | 1                                | 1 183     | 76                                 | 14                               |
| 1 110     | 103                                | 10                               | 1 147     | 74                                 | 22                               | 1 184     | 74                                 | 11                               |
| 1 111     | 103                                | 11                               | 1 148     | 72                                 | 52                               | 1 185     | 74                                 | 18                               |
| 1 112     | 103                                | 10                               | 1 149     | 62                                 | 96                               | 1 186     | 73                                 | 22                               |
| 1 113     | 103                                | 10                               | 1 150     | 54                                 | 72                               | 1 187     | 74                                 | 20                               |
| 1 114     | 102                                | 18                               | 1 151     | 72                                 | 28                               | 1 188     | 74                                 | 19                               |
| 1 115     | 102                                | 31                               | 1 152     | 72                                 | 35                               | 1 189     | 70                                 | 22                               |
| 1 116     | 101                                | 24                               | 1 153     | 64                                 | 68                               | 1 190     | 71                                 | 23                               |
| 1 117     | 102                                | 19                               | 1 154     | 74                                 | 27                               | 1 191     | 73                                 | 19                               |
| 1 118     | 103                                | 10                               | 1 155     | 76                                 | 14                               | 1 192     | 73                                 | 19                               |
| 1 119     | 102                                | 12                               | 1 156     | 69                                 | 38                               | 1 193     | 72                                 | 20                               |
| 1 120     | 99                                 | 56                               | 1 157     | 66                                 | 59                               | 1 194     | 64                                 | 60                               |
| 1 121     | 96                                 | 59                               | 1 158     | 64                                 | 99                               | 1 195     | 70                                 | 39                               |
| 1 122     | 74                                 | 28                               | 1 159     | 51                                 | 86                               | 1 196     | 66                                 | 56                               |
| 1 123     | 66                                 | 62                               | 1 160     | 70                                 | 53                               | 1 197     | 68                                 | 64                               |
| 1 124     | 74                                 | 29                               | 1 161     | 72                                 | 36                               | 1 198     | 30                                 | 68                               |
| 1 125     | 64                                 | 74                               | 1 162     | 71                                 | 47                               | 1 199     | 70                                 | 38                               |
| 1 126     | 69                                 | 40                               | 1 163     | 70                                 | 42                               | 1 200     | 66                                 | 47                               |
| 1 127     | 76                                 | 2                                | 1 164     | 67                                 | 34                               | 1 201     | 76                                 | 14                               |
| 1 128     | 72                                 | 29                               | 1 165     | 74                                 | 2                                | 1 202     | 74                                 | 18                               |
| 1 129     | 66                                 | 65                               | 1 166     | 75                                 | 21                               | 1 203     | 69                                 | 46                               |
| 1 130     | 54                                 | 69                               | 1 167     | 74                                 | 15                               | 1 204     | 68                                 | 62                               |
| 1 131     | 69                                 | 56                               | 1 168     | 75                                 | 13                               | 1 205     | 68                                 | 62                               |
| 1 132     | 69                                 | 40                               | 1 169     | 76                                 | 10                               | 1 206     | 68                                 | 62                               |
| 1 133     | 73                                 | 54                               | 1 170     | 75                                 | 13                               | 1 207     | 68                                 | 62                               |
| 1 134     | 63                                 | 92                               | 1 171     | 75                                 | 10                               | 1 208     | 68                                 | 62                               |
| 1 135     | 61                                 | 67                               | 1 172     | 75                                 | 7                                | 1 209     | 68                                 | 62                               |
| 1 136     | 72                                 | 42                               | 1 173     | 75                                 | 13                               | 1 210     | 54                                 | 50                               |
| 1 137     | 78                                 | 2                                | 1 174     | 76                                 | 8                                | 1 211     | 41                                 | 37                               |
| 1 138     | 76                                 | 34                               | 1 175     | 76                                 | 7                                | 1 212     | 27                                 | 25                               |

| Czas s | Norm. prędkość obrotowa % | Norm. moment obrotowy % | Czas s | Norm. prędkość obrotowa % | Norm. moment obrotowy % | Czas s | Norm. prędkość obrotowa % | Norm. moment obrotowy % |
|--------|---------------------------|-------------------------|--------|---------------------------|-------------------------|--------|---------------------------|-------------------------|
| 1 213  | 14                        | 12                      | 1 222  | 0                         | 0                       | 1 231  | 0                         | 0                       |
| 1 214  | 0                         | 0                       | 1 223  | 0                         | 0                       | 1 232  | 0                         | 0                       |
| 1 215  | 0                         | 0                       | 1 224  | 0                         | 0                       | 1 233  | 0                         | 0                       |
| 1 216  | 0                         | 0                       | 1 225  | 0                         | 0                       | 1 234  | 0                         | 0                       |
| 1 217  | 0                         | 0                       | 1 226  | 0                         | 0                       | 1 235  | 0                         | 0                       |
| 1 218  | 0                         | 0                       | 1 227  | 0                         | 0                       | 1 236  | 0                         | 0                       |
| 1 219  | 0                         | 0                       | 1 228  | 0                         | 0                       | 1 237  | 0                         | 0                       |
| 1 220  | 0                         | 0                       | 1 229  | 0                         | 0                       | 1 238  | 0                         | 0                       |
| 1 221  | 0                         | 0                       | 1 230  | 0                         | 0                       |        |                           |                         |

Graficzne przedstawienie programu hamulca dynamometrycznego dla badania NRTC znajduje się poniżej.





## ZAŁĄCZNIK 6

**Właściwości techniczne paliwa wzorcowego przeznaczonego do badań homologacyjnych oraz sprawdzania zgodności produkcji<sup>(1)</sup>**

Tabela 1

**Dla zakresów mocy od D do G**

|   | Wartości graniczne i jednostki <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>                            | Metoda badawcza           |
|---|---|---------------------------|
| Liczba cetanowa <sup>(4)</sup>                      | min.: 45 <sup>(7)</sup><br>maks. 50   | ISO 5165                  |
| Gęstość przy 15 °C                                  | min. 835 kg/m <sup>3</sup><br>maks. 845 kg/m <sup>3</sup> <sup>(10)</sup>               | ISO 3675, ASTM D4052      |
| Destylacja <sup>(3)</sup> punkt 95 %                | Nie więcej niż 370 °C   | ISO 3405                  |
| Lepkość przy 40 °C                                  | Nie mniej niż 2,5 mm <sup>2</sup> /s<br>Nie więcej niż 3,5 mm <sup>2</sup> /s           | ISO 3104                  |
| Zawartość siarki                                    | Nie mniej niż 0,1 % masowo <sup>(9)</sup><br>Nie więcej niż 0,2 % masowo <sup>(8)</sup> | ISO 8754, EN 24260        |
| Temperatura zapłonu                                 | Co najmniej 55 °C   | ISO 2719                  |
| Temperatura zablokowania zimnego filtra (CFPP)      | Nie mniej niż -<br>Nie więcej niż +5 °C   | EN 116                    |
| Badanie działania korodującego na płytkach z miedzi | Nie więcej niż 1  | ISO 2160                  |
| Pozostałość koksowa Conradsona (10 % DR)            | Nie więcej niż 0,3 % masowo   | ISO 10370                 |
| Zawartość popiołu                                   | Nie więcej niż 0,01 % masowo  | ASTM D482 <sup>(11)</sup> |
| Zawartość wody                                      | Nie więcej niż 0,05 % masowo  | ASTM D95, D1744           |
| Liczba zobojętnienia (mocny kwas)                   | Co najmniej 0,20 mg KOH/g   |                           |
| Odporność na utlenianie <sup>(5)</sup>              | Nie więcej niż 2,5 mg/100 ml  | ASTM D2274                |
| Dodatki <sup>(6)</sup>                              |   |                           |

<sup>(1)</sup> Jeżeli istnieje konieczność obliczenia sprawności cieplnej silnika lub pojazdu, ciepło spalania paliwa można uzyskać ze wzoru: Energia właściwa (ciepło spalania) (netto) MJ/kg = (46,423 - 8,792 d<sup>2</sup> + 3,170 d) × (1 - (x + y + s)) + 9,420 s - 2,499 x gdzie:

d to gęstość w temp. 15 °C

x to udział masowy wody (%/100)

y to udział masowy popiołu (%/100)

s to udział masowy siarki (%/100).

<sup>(2)</sup> Wartości podane w specyfikacji są „wartościami rzeczywistymi”. Przy określaniu ich wartości granicznych zastosowano wymagania zawarte w ASTM D3244 „Defining a Basis for Petroleum Product Quality Disputes” (Określenie podstaw do dyskusji na temat jakości produktów ropopochodnych), zaś przy ustalaniu wartości minimalnej uwzględniono minimalną różnicę 2R powyżej zera; przy ustalaniu wartości maksymalnych i minimalnych została przyjęta minimalna różnica 4R (R = odtwarzalność).

Bez uszczerbku dla powyższego środka, który jest niezbędny ze względów statystycznych, producent paliwa powinien jednak zmierzać do osiągnięcia wartości zerowej, w przypadku kiedy ustalona maksymalna wartość wynosi 2R, i do średniej wartości w przypadku podania wartości minimalnych i maksymalnych. Jeżeli konieczne jest wyjaśnienie, czy dane paliwo spełnia wymagania specyfikacji, należy stosować wymagania określone w ASTM D3244.

<sup>(3)</sup> Podane wartości to ilości oddestylowane (procent uzysku + procent strat).

<sup>(4)</sup> Zakres liczby cetanowej nie jest zgodny z wymaganiem, aby minimalny zakres różnicy wynosił 4R. Jednak w przypadku sporu między dostawcą a użytkownikiem paliwa można stosować wymagania ASTM D3244, pod warunkiem że stosowane są pomiary wielokrotne, w zakresie w jakim jest to konieczne dla osiągnięcia stosownego poziomu precyzyjności pomiarów, a nie pojedynczy pomiar.

<sup>(5)</sup> Nawet jeżeli odporność na utlenianie jest kontrolowana, okres przydatności do użycia może być ograniczony. W tym celu należy uzyskać od dostawcy informacje dotyczące warunków przechowywania i przydatności do użycia.

<sup>(1)</sup> Wszystkie właściwości i wartości graniczne paliwa należy aktualizować zgodnie ze zmianami na rynku.

- (6) Paliwo to powinno składać się wyłącznie ze składników pierwszej destylacji i destylatów krakowanych węglowodorów; zezwala się na odsiarczanie. Paliwo nie może zawierać żadnych metalicznych dodatków lub polepszaczy liczby cetanowej.
- (7) Dopuszczalne są niższe wartości, jednak w takim przypadku należy podać w sprawozdaniu z badań liczbę cetanową paliwa wzorcowego.
- (8) Dopuszczalne są wyższe wartości, jednak w takim przypadku należy podać w sprawozdaniu z badań zawartość siarki w paliwie wzorcowym.
- (9) Wartości należy aktualizować zgodnie ze zmianami na rynku. Do celów udzielenia wstępnej homologacji silnika na wniosek wnioskodawcy zezwala się na zastosowanie paliwa o nominalnej zawartości masowej siarki 0,05 % (co najmniej 0,03 % masowo), jednakże w takim przypadku zmierzony poziom emisji cząstek stałych należy skorygować w górę do średniej wartości określonej nominalnie dla zawartości siarki w paliwie (0,15 % masowo) za pomocą poniższego równania:

$$PT_{adj} = PT + [SFC \times 0,0917 \times (NSLF - FSF)]$$

gdzie:

$PT_{adj}$  = skorygowana wartość emisji cząstek stałych (g/kWh)

PT = zmierzona i uśredniona wagowo wartość emisji jednostkowej dla cząstek stałych (g/kWh)

SFC = ważone zużycie jednostkowe paliwa (g/kWh) obliczane zgodnie z poniższym wzorem

NSLF = średnia z nominalnych ułamków masowych zawartości siarki (tj. 0,15 %/100)

FSF = ułamek masowy siarki w paliwie (%/100)

Równanie do obliczania ważonego zużycia jednostkowego paliwa:

$$SFC = \frac{\sum_{i=1}^n G_{FUEL,i} \times WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i} \quad \text{gdzie: } P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$$

W celu dokonania oceny zgodności produkcji zgodnie z pkt 7.4.2 należy spełnić wymagania, stosując paliwo wzorcowe spełniające wymóg w zakresie minimalnej/maksymalnej zawartości 0,1/0,2 % masowo.

- (10) Dopuszczalne są wyższe wartości aż do 855 kg/m<sup>3</sup>, jednak w takim przypadku należy podać w sprawozdaniu gęstość paliwa wzorcowego. W celu dokonania oceny zgodności produkcji zgodnie z pkt 7.4.2 należy spełnić wymagania, stosując paliwo wzorcowe spełniające wymóg w zakresie minimalnej/maksymalnej wartości 835/845 kg/m<sup>3</sup>.
- (11) Zostanie zastąpiona przez EN/ISO 6245 z dniem wejścia w życie.

Tabela 2

## Dla zakresów mocy od H do K

| Parametr  | Jednostka          | Wartości graniczne (1) |            | Metoda badawcza |
|---|--------------------|------------------------|------------|-----------------|
|   |                    | minimalna              | maksymalna |                 |
| Liczba cetanowa (2)                                 |                    | 52,0                   | 54,0       | EN-ISO 5165     |
| Gęstość przy 15 °C                                  | kg/m <sup>3</sup>  | 833                    | 837        | EN-ISO 3675     |
| Destylacja:   |                    |                        |            |                 |
| punkt 50 %  | °C                 | 245                    | —          | EN-ISO 3405     |
| punkt 95 %  | °C                 | 345                    | 350        | EN-ISO 3405     |
| — końcowa temperatura wrzenia                       | °C                 | —                      | 370        | EN-ISO 3405     |
| Temperatura zapłonu                                 | °C                 | 55                     | —          | EN 22719        |
| Temperatura zablokowania zimnego filtra (CFPP)      | °C                 | —                      | - 5        | EN 116          |
| Lepkość przy 40 °C                                  | mm <sup>2</sup> /s | 2,5                    | 3,5        | EN-ISO 3104     |
| Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne          | % m/m              | 3,0                    | 6,0        | IP 391          |
| Zawartość siarki (3)                                | mg/kg              | —                      | 300        | ASTM D 5453     |
| Badanie działania korodującego na płytkach z miedzi |                    | —                      | klasa 1    | EN-ISO 2160     |
| Pozostałość koksowa Conradsona (10 % DR)            | % m/m              | —                      | 0,2        | EN-ISO 10370    |
| Zawartość popiołu                                   | % m/m              | —                      | 0,01       | EN-ISO 6245     |

| Parametr                               | Jednostka | Wartości graniczne <sup>(1)</sup> |            | Metoda badawcza |
|--|-----------|-----------------------------------|------------|-----------------|
|  |           | minimalna                         | maksymalna |                 |
| Zawartość wody                         | % m/m     | —                                 | 0,05       | EN-ISO 12937    |
| Liczba zobojętnienia (mocny kwas)      | mg KOH/g  | —                                 | 0,02       | ASTM D 974      |
| Odporność na utlenianie <sup>(4)</sup> | mg/ml     | —                                 | 0,025      | EN-ISO 12205    |

<sup>(1)</sup> Wartości podane w specyfikacjach są „wartościami rzeczywistymi”. W celu ustalenia ich wartości granicznych zastosowano warunki normy ISO 4259 „Petroleum products – Determination and application of precision data in relation to methods of test” (Produkty ropopochodne – określanie i stosowanie precyzyjnych danych odnoszących się do metod badania); przy ustalaniu wartości minimalnych uwzględniono minimalną różnicę 2R powyżej zera; przy ustalaniu wartości minimalnej i maksymalnej została przyjęta minimalna różnica 4R (R – powtarzalność).

Bez uszczerbku dla powyższego środka, który jest niezbędny ze względów technicznych, producent paliw powinien jednak zmierzać do osiągnięcia wartości zerowej, w przypadku kiedy ustalona maksymalna wartość wynosi 2R, i do średniej wartości w przypadku podania wartości minimalnych i maksymalnych. W razie zaistnienia konieczności ustalenia, czy paliwo odpowiada wymaganiom specyfikacji, stosuje się przepisy normy ISO 4259.

<sup>(2)</sup> Zakres liczby cetanowej nie jest zgodny z wymaganiem, aby minimalny zakres różnicy wynosił 4R. W przypadku wystąpienia sporu między dostawcą paliwa a użytkownikiem paliwa, do jego rozstrzygnięcia można jednak zastosować warunki normy ISO 4259, pod warunkiem że przeprowadzi się pomiary wielokrotne, o liczebności wystarczającej do uzyskania niezbędnej dokładności zamiast jednego pomiaru.

<sup>(3)</sup> Należy podać rzeczywistą zawartość siarki w paliwie wykorzystanym do badania.

<sup>(4)</sup> Nawet jeżeli odporność na utlenianie jest kontrolowana, okres przydatności do użycia może być ograniczony. W tym celu należy uzyskać od dostawcy informacje dotyczące warunków przechowywania i przydatności do użycia.

Tabela 3

## Dla zakresów mocy od L do P oraz Q i R

| Parametr  | Jednostka          | Wartości graniczne <sup>(1)</sup> |            | Metoda badawcza |
|---|--------------------|-----------------------------------|------------|-----------------|
|   |                    | minimalna                         | maksymalna |                 |
| Liczba cetanowa <sup>(2)</sup>                      |                    |                                   | 54,0       | EN-ISO 5165     |
| Gęstość przy 15 °C                                  | kg/m <sup>3</sup>  | 833                               | 865        | EN-ISO 3675     |
| Destylacja:   |                    |                                   |            |                 |
| punkt 50 %  | °C                 | 245                               | —          | EN-ISO 3405     |
| punkt 95 %  | °C                 | 345                               | 350        | EN-ISO 3405     |
| — końcowa temperatura wrzenia                       | °C                 | —                                 | 370        | EN-ISO 3405     |
| Temperatura zapłonu                                 | °C                 | 55                                | —          | EN 22719        |
| Temperatura zablokowania zimnego filtra (CFPP)      | °C                 | —                                 | – 5        | EN 116          |
| Lepkość przy 40 °C                                  | mm <sup>2</sup> /s | 2,3                               | 3,3        | EN-ISO 3104     |
| Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne          | % m/m              | 3,0                               | 6,0        | IP 391          |
| Zawartość siarki <sup>(3)</sup>                     | mg/kg              | —                                 | 10         | ASTM D 5453     |
| Badanie działania korodującego na płytkach z miedzi |                    | —                                 | klasa 1    | EN-ISO 2160     |
| Pozostałość koksowa Conradsona (10 % DR)            | % m/m              | —                                 | 0,2        | EN-ISO 10370    |
| Zawartość popiołu                                   | % m/m              | —                                 | 0,01       | EN-ISO 6245     |
| Zawartość wody                                      | % m/m              | —                                 | 0,02       | EN-ISO 12937    |

| Parametr  | Jednostka | Wartości graniczne <sup>(1)</sup> |            | Metoda badawcza |
|---|-----------|-----------------------------------|------------|-----------------|
|   |           | minimalna                         | maksymalna |                 |
| Liczba zobojętnienia (mocny kwas)                                       | mg KOH/g  | —                                 | 0,02       | ASTM D 974      |
| Odporność na utlenianie <sup>(4)</sup>                                  | mg/ml     | —                                 | 0,025      | EN-ISO 12205    |
| Smarowność (średnica śladu zużycia w badaniu HFRR w temperaturze 60 °C) | µm        | —                                 | 400        | CEC F-06-A-96   |
| FAME  | Zakaz     |                                   |            |                 |

<sup>(1)</sup> Wartości podane w specyfikacjach są „wartościami rzeczywistymi”. W celu ustalenia ich wartości granicznych zastosowano warunki normy ISO 4259 „Petroleum products – Determination and application of precision data in relation to methods of test” (Produkty ropopochodne – określanie i stosowanie precyzyjnych danych odnoszących się do metod badania); przy ustalaniu wartości minimalnych uwzględniono minimalną różnicę 2R powyżej zera; przy ustalaniu wartości minimalnej i maksymalnej została przyjęta minimalna różnica 4R (R – powtarzalność).

Bez uszczerbku dla powyższego środka, który jest niezbędny ze względów technicznych, producent paliw powinien jednak zmierzać do osiągnięcia wartości zerowej, w przypadku kiedy ustalona maksymalna wartość wynosi 2R, i do średniej wartości w przypadku podania wartości minimalnych i maksymalnych. W razie zaistnienia konieczności ustalenia, czy paliwo odpowiada wymaganiom specyfikacji, stosuje się przepisy normy ISO 4259.

<sup>(2)</sup> Zakres liczby cetanowej nie jest zgodny z wymaganiem, aby minimalny zakres różnicy wynosił 4R. W przypadku wystąpienia sporu między dostawcą paliwa a użytkownikiem paliwa, do jego rozstrzygnięcia można jednak zastosować warunki normy ISO 4259, pod warunkiem że przeprowadzi się pomiary wielokrotne, o liczebności wystarczającej do uzyskania niezbędnej dokładności zamiast jednego pomiaru.

<sup>(3)</sup> Należy podać rzeczywistą zawartość siarki w paliwie wykorzystywanym do badania typu I.

<sup>(4)</sup> Nawet jeżeli odporność na utlenianie jest kontrolowana, okres przydatności do użycia może być ograniczony. W tym celu należy uzyskać od dostawcy informacje dotyczące warunków przechowywania i przydatności do użycia.

## ZAŁĄCZNIK 7

## WYMAGANIA DOTYCZĄCE MONTAŻU URZĄDZEŃ POMOCNICZYCH I WYPOSAŻENIA

| Numer | Urządzenia pomocnicze i wyposażenie  | Montaż do celów badania emisji  |
|-------|--|---|
| 1     | Układ dolotowy<br>Kolektor dolotowy<br>System kontroli emisji ze skrzyni korbowej<br>Miernik przepływu powietrza<br>Filtr powietrza<br>Tłumik szmerów ssania<br>Nagrzewnica indukcyjna kolektora dolotowego  | Tak<br>Tak<br>Tak<br>Tak <sup>(a)</sup><br>Tak <sup>(a)</sup><br>Tak, standardowe wyposażenie fabryczne. Jeżeli to możliwe, należy wybrać najkorzystniejsze ustawienie. |
| 2     | Układ wydechowy<br>Układ oczyszczania spalin<br>Kolektor wydechowy<br>Przewody łączące<br>Tłumik<br>Rura wydechowa<br>Hamulec wydechowy<br>Urządzenie doładowujące   | Tak<br>Tak<br>Tak <sup>(b)</sup><br>Tak <sup>(b)</sup><br>Tak <sup>(b)</sup><br>Nie <sup>(c)</sup><br>Tak   |
| 3     | Pompa paliwowa zasilająca  | Tak <sup>(d)</sup>  |
| 4     | Urządzenia wtrysku paliwa<br>Filtr wstępny<br>Filtr<br>Pompa<br>Przewód wysokociśnieniowy<br>Wtryskiwacz<br>Elektroniczna jednostka sterująca, czujniki itp.<br>Układ regulacji/sterowania<br>Automatyczne odcinanie pełnego obciążenia na listwie sterującej w zależności od warunków atmosferycznych | Tak<br>Tak<br>Tak<br>Tak<br>Tak<br>Tak<br>Tak<br>Tak  |
| 5     | Układ chłodzenia cieczą<br>Chłodnica<br>Wentylator<br>Osłona wentylatora<br>Pompa wodna<br>Termostat   | Nie<br>Nie<br>Nie<br>Tak <sup>(e)</sup><br>Tak <sup>(f)</sup>   |
| 6     | Chłodzenie powietrzem<br>Osłona<br>Wentylator lub dmuchawa<br>Regulator temperatury  | Nie <sup>(g)</sup><br>Nie <sup>(g)</sup><br>Nie   |

| Numer | Urządzenia pomocnicze i wyposażenie   | Montaż do celów badania emisji  |
|-------|---|---|
| 7     | Wyposażenie elektryczne<br>Prądnica   | Tak <sup>(h)</sup>  |
| 8     | Urządzenie doładowujące<br>Sprężarka napędzana bezpośrednio przez silnik lub przez gazy wydechowe<br>Chłodnica powietrza doładowującego<br>Pompa układu chłodzenia lub wentylator (napędzany przez silnik)<br>Regulator przepływu cieczy chłodzącej   | Tak<br>Tak <sup>(g)</sup> , <sup>(i)</sup><br>Nie <sup>(g)</sup><br>Tak |
| 9     | Pomocniczy wentylator dla stanowiska badawczego   | Tak, w razie konieczności   |
| 10    | Urządzenie ograniczające emisję zanieczyszczeń  | Tak   |
| 11    | Urządzenie rozruchowe   | Tak, lub wyposażenie stanowiska badawczego <sup>(l)</sup>               |
| 12    | Pompa oleju układu smarowania   | Tak   |
| 13    | Niektóre urządzenia pomocnicze, których działanie jest związane z działaniem maszyny i które można zamontować na silniku, należy usunąć na czas badania.<br>Niżej podano przykładowe urządzenia:<br>(i) sprężarka układu hamulcowego;<br>(ii) sprężarka układu wspomagania układu kierowniczego;<br>(iii) sprężarka układu zawieszenia;<br>(iv) układ klimatyzacji. | Nie   |

- <sup>(e)</sup> Kompletny układ dolotowy właściwy dla danego zastosowania należy zainstalować w następujących przypadkach:  
(i) jeżeli istnieje ryzyko istotnego wpływu na moc silnika;  
(ii) jeżeli wymaga tego producent.  
W pozostałych przypadkach można zastosować układ równoważny, przy czym należy sprawdzić, czy ciśnienie wlotowe nie różni się o więcej niż 100 Pa od górnej wartości granicznej określonej przez producenta dla czystego filtra powietrza.
- <sup>(f)</sup> Kompletny układ wydechowy właściwy dla danego zastosowania należy zainstalować w następujących przypadkach:  
(i) jeżeli istnieje ryzyko istotnego wpływu na moc silnika;  
(ii) jeżeli wymaga tego producent.  
W pozostałych przypadkach można zastosować układ równoważny, przy czym należy sprawdzić, czy zmierzone ciśnienie nie różni się o więcej niż 1 000 Pa od górnej wartości granicznej określonej przez producenta.
- <sup>(g)</sup> Jeżeli z silnikiem zespolony jest hamulec wydechowy, to przepustnica musi być ustawiona w pozycji pełnego otwarcia.
- <sup>(h)</sup> W razie konieczności można wyregulować ciśnienie doprowadzenia paliwa, tak by odpowiadało wartości dla danego zastosowania silnika (szczególnie jeżeli stosowany jest układ „powrotu paliwa”).
- <sup>(i)</sup> Obieg cieczy chłodzącej musi być napędzany tylko przez pompę wodną silnika. Chłodzenie cieczy może odbywać się za pomocą zewnętrznego obiegu, tak by straty ciśnienia w tym obiegu oraz ciśnienie przy wlocie pompy pozostawały zasadniczo takie same jak odpowiednie wartości w układzie chłodzącym silnika.
- <sup>(j)</sup> Termostat może być ustawiony w położeniu pełnego otwarcia.
- <sup>(k)</sup> Gdy do badania używa się dmuchawy lub wentylatora chłodzącego, pobraną moc należy dodać do wyniku, z wyjątkiem wentylatorów chłodzących w silnikach chłodzonych powietrzem, które zamontowane są bezpośrednio na wale korbowym. Moc wentylatora lub dmuchawy ustala się przy prędkościach obrotowych stosowanych w badaniu, poprzez obliczenie na podstawie typowej charakterystyki bądź poprzez badania praktyczne.
- <sup>(l)</sup> Minimalna moc prądnicy: moc elektryczna prądnicy musi być ograniczona do poziomu niezbędnego dla pracy wyposażenia koniecznego do pracy silnika. W przypadku gdy niezbędne jest podłączenie akumulatora, należy użyć w pełni naładowanego akumulatora w dobrym stanie.
- <sup>(m)</sup> Silniki z chłodnicą powietrza doładowującego bada się z włączonym układem chłodzenia powietrza doładowującego cieczą lub powietrzem, z tym że na wniosek producenta chłodnicę powietrza można zastąpić układem stosowanym na stanowisku badawczym. W obu przypadkach pomiar mocy przy każdej prędkości obrotowej wykonuje się na stanowisku pomiarowym przy maksymalnym spadku ciśnienia i minimalnym spadku temperatury powietrza w silniku w chłodnicy powietrza doładowującego, określonych przez producenta.
- <sup>(n)</sup> Zasilanie elektrycznego lub innego typu układu rozruchowego musi pochodzić ze stanowiska badawczego.

## ZAŁĄCZNIK 8

## WYMAGANIA DOTYCZĄCE TRWAŁOŚCI

## 1. SPRAWDZANIE TRWAŁOŚCI SILNIKÓW Z ZAPŁONEM SAMOCZYNNYM NALEŻĄCYCH DO ZAKRESÓW MOCY OD H DO P

Niniejszy załącznik ma zastosowanie tylko do silników z zapłonem samoczynnym należących do zakresów mocy od H do P.

## 1.1. Producenci określają wartość współczynnika pogorszenia (DF) dla każdego zanieczyszczenia objętego przepisami w odniesieniu do wszystkich rodzin silników należących do zakresów mocy H do P. Takie wartości DF stosuje się do celów homologacji typu oraz badań na linii produkcyjnej.

## 1.1.1. Badania w celu określenia DF przeprowadza się w następujący sposób:

## 1.1.1.1. Producent przeprowadza badania trwałości, aby zakumulować określoną liczbę godzin pracy silnika zgodnie z planem badań, który jest ustalony na podstawie właściwej oceny technicznej jako reprezentatywny dla pracy silników podczas eksploatacji i pozwalający na scharakteryzowanie przebiegu pogorszenia emisji. Czas badania trwałości powinien być zazwyczaj równoważny co najmniej jednej czwartej okresu trwałości emisji (EDP).

Godziny pracy mogą być akumulowane podczas pracy silnika na hamulcowym stanowisku pomiarowym lub podczas rzeczywistej eksploatacji maszyny. Mogą być stosowane przyspieszone badania trwałości, podczas których plan akumulacji godzin pracy jest realizowany przy większym obciążeniu niż występuje w typowej eksploatacji. Współczynnik przyspieszenia wyrażający stosunek liczby godzin badania trwałości silnika do równoważnej liczby godzin EDP określa producent silnika na podstawie właściwej oceny technicznej.

W czasie badania trwałości żadne części wpływające na emisję nie mogą być poddane obsłudze lub wymianie, jeżeli to nie wchodzi w zakres typowej obsługi technicznej zalecanej przez producenta.

Silnik, podzespoły lub części poddane badaniom w celu określenia współczynników pogorszenia jakości (DF) emisji z układu wydechowego dla rodziny silników lub rodzin silników wyposażonych w równoważne systemy kontroli emisji są wybierane przez producenta na podstawie właściwej oceny technicznej. Kryterium jest to, że badany silnik powinien być reprezentatywny pod względem charakterystyki pogorszenia emisji dla rodzin silników, dla których otrzymane wartości DF będą stosowane do celów homologacji typu. Silniki mające inne średnice i skoki cylindrów, inne układy cylindrów, inne układy wlotowe powietrza i inne układy paliwowe można uznać za równoważne pod względem charakterystyki pogorszenia emisji, jeżeli jest do tego rozsądna podstawa techniczna.

Można stosować wartości DF od innego producenta, jeżeli jest rozsądna podstawa do uznania równoważności stosowanych technologii pod względem pogorszenia emisji i dowód, że próby zostały przeprowadzone zgodnie z ustalonymi wymaganiami.

Badania emisji przeprowadza się zgodnie z procedurami zdefiniowanymi w niniejszym regulaminie dla silnika badanego po początkowym dotarciu, lecz przed rozpoczęciem badania akumulacji godzin pracy, oraz po zakończeniu badania trwałości. Badania emisji można także przeprowadzać w odstępach czasu podczas okresu badania akumulacji godzin pracy i stosować ich wyniki w celu określenia przebiegu pogorszenia emisji.

## 1.1.1.2. Badania z wykorzystaniem akumulacji godzin pracy lub badania emisji wykonywane w celu określenia współczynników pogorszenia nie muszą być przeprowadzane w obecności organu udzielającego homologacji typu.

## 1.1.1.3. Określenie wartości DF na podstawie badań trwałości

Addytywny współczynnik DF definiuje się jako wartość uzyskaną przez odjęcie wartości emisji określonej na początku EDP od wartości określonej jako reprezentatywna dla emisji w końcu EDP.

Współczynnik mnożnikowy DF definiuje się jako iloraz emisji określonej dla końca EDP i emisji zarejestrowanej na początku EDP.

Oddzielne wartości DF określa się dla każdego z zanieczyszczeń objętych przepisami. Wartość DF dla normy  $\text{NO}_x + \text{HC}$  w przypadku DF addytywnego określa się na podstawie sumy tych zanieczyszczeń, bez względu na fakt, że wartość ujemna pogorszenia emisji dla jednego zanieczyszczenia może nie kompensować jej wzrostu dla drugiego. W przypadku współczynnika mnożnikowego DF dla sumy  $\text{NO}_x + \text{HC}$  określa się oddzielnie współczynniki DF dla HC i  $\text{NO}_x$  i stosuje się je oddzielnie do obliczenia poziomów pogorszenia emisji na podstawie wyników badania emisji, po czym sumuje się wynikowe wartości pogorszenia dla  $\text{NO}_x$  i HC w celu ustalenia zgodności z normą.

W przypadku gdy badanie nie obejmuje całego EDP, wartość emisji dla jego końca określa się przez ekstrapolację trendu pogorszenia emisji w okresie przeprowadzonej próby na cały EDP.

Jeżeli wyniki badań emisji były rejestrowane co pewien czas podczas próby trwałości w ramach akumulowania godzin pracy, to poziomy emisji dla końca EDP określa się, stosując typowe metody statystyczne oparte na dobrych praktykach; do obliczenia końcowych wartości emisji można zastosować statystyczne badania istotności.

Jeżeli obliczenia dają wynik mniejszy niż 1,00 w przypadku mnożnikowego współczynnika DF lub mniejszy niż 0,00 w przypadku addytywnego współczynnika DF, wówczas stosuje się współczynnik DF wynoszący, odpowiednio, 1,0 lub 0,00.

- 1.1.1.4. Producent może, za zgodą organu udzielającego homologacji typu, stosować wartości DF ustalone na podstawie wyników badań trwałości przeprowadzonych w celu określenia wartości DF na potrzeby homologacji silników z zapłonem samoczynnych w ciężkich pojazdach drogowych. Rozwiązanie takie dopuszcza się, jeżeli występuje równowaga pod względem technologicznym zbadanego silnika pojazdu drogowego i rodziny silników maszyn niedrogowych, dla których wartości DF mają być stosowane do celów homologacji. Wartości DF wyprowadzone na podstawie wyników badań trwałości emisji silnika pojazdu drogowego muszą zostać obliczone na podstawie wartości EDP zdefiniowanych w pkt 3.
- 1.1.1.5. W przypadku gdy w produkcji rodziny silników wykorzystywana jest przyjęta technologia, w celu określenia współczynników pogorszenia jakości dla tej rodziny silników można przeprowadzić, za zgodą organu udzielającego homologacji typu, analizę na podstawie właściwej oceny technicznej zamiast badania trwałości.
- 1.2. Informacje o DF we wniosku o udzielenie homologacji
  - 1.2.1. We wniosku o homologację rodziny silników z zapłonem samoczynnym niewyposażonych w urządzenia oczyszczania spalin dla każdego zanieczyszczenia podaje się współczynniki addytywne DF.
  - 1.2.2. We wniosku o homologację rodziny silników z zapłonem samoczynnym wyposażonych w urządzenia oczyszczania spalin dla każdego zanieczyszczenia podaje się współczynniki mnożnikowe DF.
  - 1.2.3. Na żądanie organu udzielającego homologacji typu producent przekazuje mu informacje uzasadniające podane wartości DF. Do typowych informacji należą wyniki badań emisji, plan akumulacji godzin pracy, procedury konserwacji, jak również uzasadnienie oceny technicznej dotyczącej równowagi pod względem technologicznym, jeżeli została przeprowadzona.
2. SPRAWDZANIE TRWAŁOŚCI SILNIKÓW Z ZAPŁONEM SAMOCZYNNYM NALEŻĄCYCH DO ZAKRESÓW MOCY OD Q DO R
  - 2.1. Przepisy ogólne
    - 2.1.1. Przepisy niniejszego punktu mają zastosowanie do silników z zapłonem samoczynnym należących do zakresów mocy od Q do R. Na wniosek producenta można stosować je również w odniesieniu do silników z zapłonem samoczynnym należących do zakresów mocy od H do P, jako rozwiązanie alternatywne wobec wymagań przedstawionych w pkt 1 niniejszego załącznika.
    - 2.1.2. W niniejszym pkt 2 opisano procedury wyboru silników, które mają być poddane badaniom przeprowadzonym zgodnie z planem akumulacji godzin pracy w celu ustalenia współczynników pogorszenia jakości, służącego przeprowadzeniu ocen w ramach homologacji typu silników etapu IV i badania zgodności produkcji. Współczynniki pogorszenia jakości stosuje się zgodnie z pkt 2.4.7 do emisji zmierzonych zgodnie z załącznikiem 4B do niniejszego regulaminu.
    - 2.1.3. Badania z wykorzystaniem akumulacji godzin pracy lub badania emisji wykonywane w celu określenia współczynników pogorszenia nie muszą być przeprowadzane w obecności organu udzielającego homologacji typu.
    - 2.1.4. W niniejszym pkt 2 zamieszczono także szczegółowe informacje dotyczące konserwacji związanej i niezwiązanej z emisją zanieczyszczeń, którą powinny lub mogą być objęte silniki w ramach planu akumulacji godzin pracy. Taka konserwacja musi odpowiadać konserwacji, której poddawane są eksploatowane silniki, i informuje się o niej właścicieli nowych silników.
    - 2.1.5. Na wniosek producenta organ udzielający homologacji typu może zezwolić na stosowanie współczynników pogorszenia jakości ustalonych przy zastosowaniu procedur alternatywnych wobec tych, które określono w pkt 2.4.1–2.4.5. W takim przypadku producent musi wykazać, w sposób zadowalający dla organu udzielającego homologacji typu, że zastosowane procedury alternatywne są nie mniej rygorystyczne niż procedury zawarte w pkt 2.4.1–2.4.5.
  - 2.2. Zastrzeżenia
  - 2.3. Wybór silników w celu ustalenia współczynników pogorszenia jakości w okresie trwałości emisji
    - 2.3.1. Silniki są wybierane z rodziny silników zdefiniowanej w załączniku 1B do niniejszego regulaminu do badania emisji celem ustalenia współczynników pogorszenia jakości w okresie trwałości emisji.



- 2.3.2. Silniki z różnych rodzin silników można dalej łączyć w rodziny na podstawie typu użytkowanego układu oczyszczania spalin. Aby umieścić w tej samej rodzinie ze względu na układ oczyszczania spalin silniki o różnej konfiguracji cylindrów, ale o takich samych specyfikacjach technicznych i instalacji w odniesieniu do układów oczyszczania spalin, producent przedstawia organowi udzielającemu homologacji typu dane wykazujące podobieństwo takich silników pod względem ograniczenia emisji zanieczyszczeń.
- 2.3.3. Przed rozpoczęciem jakichkolwiek badań producent silników wybiera do badania w ramach planu akumulacji godzin pracy określonego w pkt 2.4.2 jeden silnik reprezentujący rodzinę silników ze względu na układ oczyszczania spalin określoną zgodnie z pkt 2.3.2 i zgłasza go organowi udzielającemu homologacji typu.
- 2.3.3.1. Jeżeli organ udzielający homologacji typu stwierdzi, że inny silnik z rodziny silników ze względu na układ oczyszczania spalin może lepiej charakteryzować najmniej korzystną wielkość emisji zgodnie z najgorszym scenariuszem, wówczas silnik poddawany badaniu jest wybierany wspólnie przez organ udzielający homologacji typu i producenta silników.
- 2.4. Ustalanie współczynników pogorszenia jakości w okresie trwałości emisji
- 2.4.1. Przepisy ogólne
- Współczynniki pogorszenia jakości mające zastosowanie do rodziny silników ze względu na układ oczyszczania spalin określa się przy użyciu wybranych silników na podstawie planu akumulacji godzin pracy obejmującego okresowe badania emisji gazów i cząstek stałych podczas badań NRSC i NRTC.
- 2.4.2. Plan akumulacji godzin pracy
- Zależnie od uznania producenta plan akumulacji godzin pracy można realizować poprzez uruchomienie maszyny wyposażonej w wybrany silnik w ramach planu akumulacji godzin pracy w warunkach eksploatacyjnych lub poprzez pracę wybranego silnika w ramach planu akumulacji godzin pracy z zastosowaniem dynamometru.
- 2.4.2.1. Plan akumulacji godzin pracy w warunkach eksploatacyjnych oraz z zastosowaniem dynamometru
- 2.4.2.1.1. Producent określa formę i czas trwania akumulacji godzin pracy i cyklu starzenia dla silników w sposób zgodny z właściwą oceną techniczną.
- 2.4.2.1.2. Producent określa punkty badawcze, w których w ramach badań NRTC i NRSC w cyklu gorącego rozruchu będą mierzone emisje gazów i cząstek stałych. Należy wyznaczyć co najmniej trzy punkty badawcze: jeden na początku, jeden mniej więcej w środku i jeden pod koniec okresu objętego planem akumulacji godzin pracy.
- 2.4.2.1.3. Wartości emisji w punkcie początkowym i w punkcie końcowym okresu trwałości emisji obliczane zgodnie z pkt 2.4.5.2 muszą mieścić się w ramach wartości granicznych mających zastosowanie do rodziny silników, jednak poszczególne wyniki badania emisji uzyskane w punktach badawczych mogą przekraczać wspomniane wartości graniczne.
- 2.4.2.1.4. Na wniosek producenta i za zgodą organu udzielającego homologacji typu w każdym punkcie badawczym przeprowadza się tylko jeden cykl badania (NRTC lub NRSC w cyklu gorącego rozruchu), przy czym drugi cykl badania przeprowadza się tylko na początku i na końcu okresu objętego planem akumulacji godzin pracy.
- 2.4.2.1.5. W przypadku silników o stałej prędkości obrotowej w każdym punkcie badawczym należy przeprowadzić wyłącznie cykl badania NRSC.
- 2.4.2.1.6. Plany akumulacji godzin pracy mogą być różne dla różnych rodzin silników ze względu na układ oczyszczania spalin.
- 2.4.2.1.7. Plan akumulacji godzin pracy może obejmować okres krótszy od okresu trwałości emisji, ale nie może być krótszy niż okres równoważny co najmniej jednej czwartej odpowiedniego okresu trwałości emisji określonego w pkt 3 niniejszego załącznika.
- 2.4.2.1.8. Dopuszcza się przyspieszenie starzenia poprzez dostosowanie planu akumulacji godzin pracy odpowiednio do zużycia paliwa. Odpowiednie dostosowanie przeprowadza się w oparciu o stosunek typowego zużycia paliwa podczas eksploatacji do zużycia paliwa w cyklu starzenia, przy czym zużycie paliwa w cyklu starzenia nie może przekraczać typowego zużycia paliwa podczas eksploatacji o więcej niż 30 %.
- 2.4.2.1.9. Na wniosek producenta i za zgodą organu udzielającego homologacji typu zezwala się na stosowanie alternatywnych metod przyspieszania starzenia.
- 2.4.2.1.10. We wniosku o udzielenie homologacji typu należy zawrzeć kompletny opis planu akumulacji godzin pracy i zgłosić go organowi udzielającemu homologacji typu przed rozpoczęciem jakichkolwiek badań.
- 2.4.2.2. Jeżeli organ udzielający homologacji typu zdecyduje o konieczności przeprowadzenia dodatkowych pomiarów między punktami wybranymi przez producenta, powiadamia o tym producenta. Producent przygotowuje zmieniony plan akumulacji godzin pracy, który musi zostać następnie zatwierdzony przez organ udzielający homologacji.

- 2.4.3. Badanie silnika
- 2.4.3.1. Stabilizacja układu silnika
- 2.4.3.1.1. Dla każdej rodziny silników ze względu na układ oczyszczania spalin producent określa liczbę godzin eksploatacji maszyny lub silnika, po której praca układu oczyszczania spalin ulega stabilizacji. Na żądanie organu udzielającego homologacji typu producent udostępnia dane i analizy wykorzystane do ustalenia tej liczby. Ewentualnie w celu ustabilizowania układu oczyszczania spalin producent może eksploatować silnik lub maszynę przez 60–125 godzin lub przez równoważny czas w cyklu starzenia.
- 2.4.3.1.2. Koniec okresu stabilizacji, o którym mowa w pkt 2.4.3.1.1, uważa się za początek okresu objętego planem akumulacji godzin pracy.
- 2.4.3.2. Badania w ramach planu akumulacji godzin pracy
- 2.4.3.2.1. Po ustabilizowaniu silnik należy eksploatować przez okres objęty planem akumulacji godzin pracy wybranym przez producenta, zgodnie z procedurą przedstawioną w pkt 2.3.2. W regularnych odstępach czasu w ramach planu akumulacji godzin pracy określonych przez producenta oraz, w stosownych przypadkach, wskazanych również przez organ udzielający homologacji typu zgodnie z pkt 2.4.2.2, silnik poddaje się badaniom emisji gazów i cząstek stałych w ramach badań NRTC i NRSC w cyklu gorącego rozruchu.
- Producent może zdecydować się na przeprowadzenie pomiarów emisji zanieczyszczeń przed dowolnym układem oczyszczania spalin niezależnie od pomiaru emisji zanieczyszczeń za dowolnym układem oczyszczania spalin.
- Zgodnie z pkt 2.4.2.1.4, jeżeli uzgodniono, że w każdym z punktów badawczych zostanie przeprowadzony tylko jeden cykl badania (NRTC lub NRSC w cyklu gorącego rozruchu), drugi cykl badania (NRTC lub NRSC w cyklu gorącego rozruchu) przeprowadza się na początku i na końcu okresu objętego planem akumulacji godzin pracy.
- Zgodnie z pkt 2.4.2.1.5 w przypadku silników o stałej prędkości obrotowej w każdym punkcie badawczym należy przeprowadzić wyłącznie cykl badania NRSC.
- 2.4.3.2.2. W okresie objętym planem akumulacji godzin pracy silnik należy poddać konserwacji zgodnie z pkt 2.5.
- 2.4.3.2.3. W okresie objętym planem akumulacji godzin pracy silnik lub maszynę można poddać niezaplanowanej konserwacji np. w przypadku, gdy standardowy układ diagnostyki zainstalowany przez producenta wykryje problem, który spowodowałby otrzymanie przez operatora maszyny informacji o wystąpieniu awarii.
- 2.4.4. Sporządzanie sprawozdań
- 2.4.4.1. Organowi udzielającemu homologacji typu należy udostępnić wyniki wszystkich badań emisji (badań NRTC i NRSC w cyklu gorącego rozruchu) przeprowadzonych w okresie objętym planem akumulacji godzin pracy. Jeżeli jakiegokolwiek badanie emisji zostanie uznane za nieważne, producent musi przedstawić powody jego unieważnienia. W takim przypadku w ciągu następnych 100 godzin okresu akumulacji godzin pracy należy przeprowadzić kolejną serię badań emisji.
- 2.4.4.2. Producent przechowuje wszystkie informacje dotyczące wszystkich badań emisji i działań konserwacyjnych, którym poddano silnik w okresie objętym planem akumulacji godzin pracy. Informacje te należy przekazać organowi udzielającemu homologacji typu wraz z wynikami badań emisji przeprowadzonych w okresie objętym planem akumulacji godzin pracy.
- 2.4.5. Określanie współczynników pogorszenia jakości
- 2.4.5.1. Dla każdego z zanieczyszczeń mierzonych podczas badań NRTC i NRSC w cyklu gorącego rozruchu w każdym punkcie badawczym objętym planem akumulacji godzin pracy przeprowadza się analizę „najlepszego dopasowania” metodą regresji liniowej na podstawie wyników wszystkich badań. Wyniki każdego badania dla każdego z zanieczyszczeń wyraża się do tego samego miejsca po przecinku co w przypadku wartości granicznej dla tego zanieczyszczenia, mającej zastosowanie dla danej rodziny silników, powiększonej o jedno dodatkowe miejsce po przecinku.

Zgodnie z pkt 2.4.2.1.4 lub pkt 2.4.2.1.5, jeżeli w każdym z punktów badawczych przeprowadzono tylko jeden cykl badania (NRTC lub NRSC w cyklu gorącego rozruchu), analizę regresji przeprowadza się wyłącznie w oparciu o wyniki badań uzyskane w cyklu badania przeprowadzonym w każdym z punktów badawczych.

Na wniosek producenta i za uprzednią zgodą organu udzielającego homologacji typu dopuszcza się możliwość przeprowadzenia analizy regresji nieliniowej.

- 2.4.5.2. Wartości emisji dla każdego z zanieczyszczeń na początku okresu objętego planem akumulacji godzin pracy i w punkcie końcowym okresu trwałości emisji właściwym dla badanego silnika oblicza się za pomocą równania regresji. Jeżeli okres objęty planem akumulacji godzin pracy jest krótszy od okresu trwałości emisji, wartości emisji w punkcie końcowym okresu trwałości emisji określa się w drodze ekstrapolacji równania regresji przewidzianego w pkt 2.4.5.1.

W przypadku gdy wartości emisji stosowane są dla rodzin silników w tej samej rodzinie silników ze względu na układ oczyszczania spalin, jednak o różnych okresach trwałości emisji, wartości emisji w punkcie końcowym okresu trwałości emisji są przeliczane dla każdego okresu trwałości emisji w drodze ekstrapolacji lub interpolacji równania regresji określonego w pkt 2.4.5.1.

- 2.4.5.3. Współczynnik pogorszenia jakości (DF) dla każdego zanieczyszczenia definiuje się jako stosunek wartości emisji odnotowanych w punkcie końcowym okresu trwałości emisji i na początku okresu objętego planem akumulacji godzin pracy (mnożnikowy współczynnik pogorszenia jakości).

Na żądanie producenta i za uprzednią zgodą organu udzielającego homologacji typu w odniesieniu do każdego zanieczyszczenia można zastosować addytywny współczynnik pogorszenia jakości. Addytywny współczynnik pogorszenia jakości definiuje się jako różnicę między wartościami emisji obliczonymi w punkcie końcowym okresu trwałości emisji i na początku okresu objętego planem akumulacji godzin pracy.

Przykład ustalenia współczynników pogorszenia jakości w drodze regresji liniowej przedstawiono na rys. 1 dla emisji NO<sub>x</sub>.

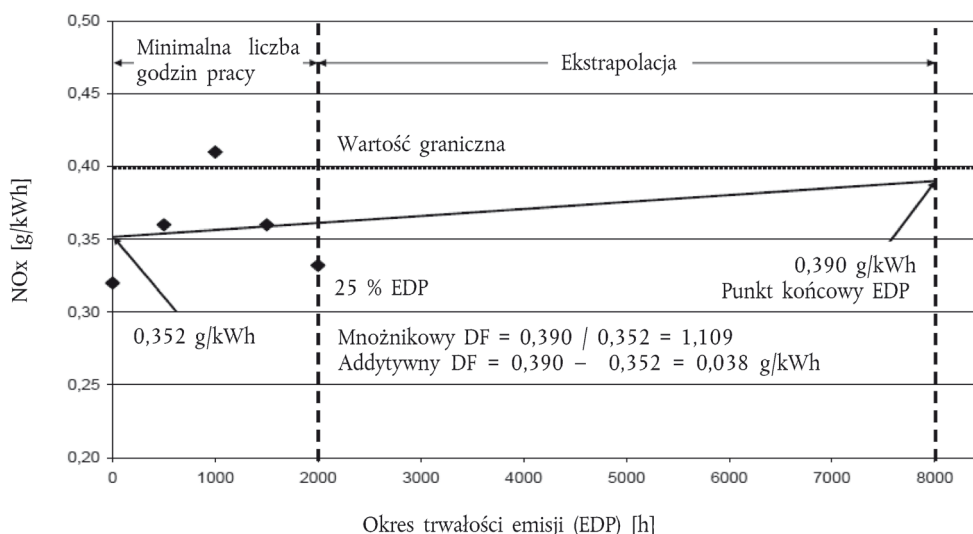
Nie zezwala się na łączenie mnożnikowych i addytywnych współczynników pogorszenia jakości w jednym zbiorze zanieczyszczeń.

Jeżeli obliczenia dają wynik mniejszy niż 1,00 w przypadku mnożnikowego współczynnika pogorszenia jakości lub mniejszy niż 0,00 w przypadku addytywnego współczynnika pogorszenia jakości, wówczas stosuje się współczynnik pogorszenia jakości wynoszący, odpowiednio, 1,0 lub 0,00.

Zgodnie z pkt 2.4.2.1.4, jeżeli uzgodniono, że w każdym punkcie badawczym przeprowadzony zostanie tylko jeden cykl badania (NRTC lub NRSC w cyklu gorącego rozruchu), a drugi cykl badania (NRTC lub NRSC w cyklu gorącego rozruchu) zostanie przeprowadzony tylko na początku i na końcu okresu objętego planem akumulacji godzin pracy, współczynnik pogorszenia jakości obliczony dla cyklu badania przeprowadzonego w każdym punkcie badawczym ma zastosowanie także do drugiego cyklu badania.

Rysunek 1

#### Przykładowy sposób obliczenia współczynnika pogorszenia jakości



- 2.4.6. Przepisane współczynniki pogorszenia jakości

- 2.4.6.1. W celu ustalenia współczynników pogorszenia jakości producenci silników mogą zastosować poniższe przepisane mnożnikowe współczynniki pogorszenia jakości zamiast planu akumulacji godzin pracy:

| Cykl badania | CO  | HC  | NO <sub>x</sub> | PM   |
|--------------|-----|-----|-----------------|------|
| NRTC         | 1,3 | 1,3 | 1,15            | 1,05 |
| NRSC         | 1,3 | 1,3 | 1,15            | 1,05 |

Nie podaje się przypisanych addytywnych współczynników pogorszenia jakości. Przypisanych mnożnikowych współczynników pogorszenia jakości nie wolno przekształcać w addytywne współczynniki pogorszenia jakości.

W przypadku podjęcia decyzji o zastosowaniu przypisanych współczynników pogorszenia jakości producent musi przedstawić organowi udzielającemu homologacji typu przekonujące dowody pozwalające żywić uzasadnione przekonanie, że części związane z kontrolą emisji wykazują trwałość emisji powiązaną z tymi przypisanymi współczynnikami. Wspomniane dowody mogą mieć postać analizy projektu, wyników badań lub połączenia obu tych elementów.

- 2.4.7. Zastosowanie współczynników pogorszenia jakości
- 2.4.7.1. Silniki muszą spełniać odpowiednie wartości graniczne emisji dla każdego zanieczyszczenia wyznaczone dla danej rodziny silników po zastosowaniu współczynników pogorszenia jakości w odniesieniu do wyników badań otrzymanych zgodnie z załącznikiem 4B do niniejszego regulaminu (emisje ważone dla danego cyklu w odniesieniu do cząstek stałych i każdego poszczególnego gazu). W zależności od typu współczynnika pogorszenia jakości (DF) zastosowanie mają następujące wartości:
- a) mnożnikowa: (emisja jednostkowa ważona dla danego cyklu) \* DF ≤ wartość graniczna emisji;
- b) addytywna: (emisja jednostkowa ważona dla danego cyklu) + DF ≤ wartość graniczna emisji;
- 2.4.7.2. W przypadku współczynnika mnożnikowego DF dla sumy NO<sub>x</sub> + HC określa się oddzielnie współczynniki DF dla HC i NO<sub>x</sub> i stosuje się je oddzielnie do obliczenia poziomów pogorszenia emisji na podstawie wyników badania emisji, po czym sumuje się wynikowe pogorszone wartości dla NO<sub>x</sub> i HC w celu ustalenia zgodności z wartością graniczną emisji.
- 2.4.7.3. Producent może zdecydować się na zastosowanie współczynników pogorszenia jakości ustalonych dla rodziny silników ze względu na układ oczyszczania spalin do układu silnika nienależącego do tej samej rodziny silników ze względu na układ oczyszczania spalin. W takich przypadkach producent musi wykazać organowi udzielającemu homologacji typu, że zarówno układ silnika, w odniesieniu do którego pierwotnie poddano badaniu rodzinę silników ze względu na układ oczyszczania spalin, jak i układ silnika, do którego stosuje się współczynniki pogorszenia jakości, mają takie same specyfikacje techniczne oraz wymagania w zakresie instalacji w maszynie, oraz że emisje takiego silnika lub układu silnika są podobne.
- W przypadku przenoszenia współczynników pogorszenia jakości na układ silnika o innym okresie trwałości emisji współczynniki pogorszenia jakości należy przeliczyć dla właściwego okresu trwałości emisji poprzez ekstrapolację lub interpolację równania regresji określonego w pkt 2.4.5.1.
- 2.4.7.4. Współczynnik pogorszenia jakości dla każdego z zanieczyszczeń w każdym zastosowanym cyklu badania należy zapisywać w dokumencie z wynikami badań, którego wzór przedstawiono w dodatku 1 do załącznika 2 do niniejszego regulaminu.
- 2.4.8. Kontrola zgodności produkcji
- 2.4.8.1. Kontrolę zgodności produkcji pod kątem spełnienia wymagań w zakresie emisji przeprowadza się w oparciu o pkt 7 niniejszego regulaminu.
- 2.4.8.2. Producent może przeprowadzić pomiar emisji zanieczyszczeń przed dowolnym układem oczyszczania spalin w czasie przeprowadzania badania do celów homologacji typu. W ten sposób producent może ustalić nieformalne współczynniki pogorszenia jakości osobno dla silnika i dla układu oczyszczania spalin, które może następnie wykorzystać jako pomoc podczas kontroli linii produkcji końcowej.
- 2.4.8.3. Do celów homologacji typu w dokumencie z wynikami badań przedstawionym w dodatku 1 do załącznika 2 do niniejszego regulaminu należy zapisywać wyłącznie współczynniki pogorszenia jakości ustalone zgodnie z pkt 2.4.5 lub 2.4.6.

- 2.5.       Konservacja
- Konservację na potrzeby planu akumulacji godzin pracy przeprowadza się zgodnie z podręcznikiem producenta dotyczącym napraw i konserwacji.
- 2.5.1.       Planowa konserwacja związana z emisją zanieczyszczeń
- 2.5.1.1.     Planową konserwację związaną z emisją zanieczyszczeń podczas eksploatacji silnika służącej do celów wykonania planu akumulacji godzin pracy należy przeprowadzać w takich samych odstępach czasu, jakie określono w instrukcjach producenta dotyczących konserwacji dla właściciela maszyny lub silnika. Taki harmonogram konserwacji można aktualizować w miarę potrzeb przez cały okres objęty planem akumulacji godzin pracy, pod warunkiem że żadne z działań konserwacyjnych nie zostanie usunięte z harmonogramu konserwacji po przeprowadzeniu danej operacji na badanym silniku.
- 2.5.1.2.     Na potrzeby planu akumulacji godzin pracy producent silnika określa sposób regulowania, czyszczenia oraz konserwacji (w razie potrzeby) i planowej wymiany następujących elementów:
- a) filtrów oraz chłodnic w układzie recyrkulacji gazów spalinowych;
  - b) zaworu wyrównawczego ciśnienia w skrzyni korbowej, w stosownych przypadkach;
  - c) końcówek wtryskiwaczy paliwa (dozwolone jest tylko czyszczenie);
  - d) wtryskiwaczy paliwa;
  - e) turbosprężarki;
  - f) elektronicznej jednostki sterującej silnika wraz z powiązаныmi czujnikami i siłownikami;
  - g) układu filtra cząstek stałych (łącznie z powiązаныmi częściami);
  - h) układu filtra NO<sub>x</sub> (łącznie z powiązаныmi częściami);
  - i) układu recyrkulacji gazów spalinowych, wraz ze wszystkimi powiązаныmi zaworami kontrolnymi i przewodami rurowymi;
  - j) wszelkich innych układów oczyszczania spalin.
- 2.5.1.3.     Podstawowe czynności planowej konserwacji związane z emisją zanieczyszczeń przeprowadza się jedynie wówczas, gdy mają być one wykonane podczas eksploatacji, przy czym właściciela maszyny należy poinformować o konieczności wykonania takich czynności.
- 2.5.2.       Zmiany w harmonogramie konserwacji
- 2.5.2.1.     Producent musi wystąpić do organu udzielającego homologacji typu z wnioskiem o zatwierdzenie każdej nowej planowej czynności konserwacyjnej, którą chce przeprowadzić w ramach planu akumulacji godzin pracy, a następnie zalecić przeprowadzenie tych czynności właścicielom maszyn i silników. Do wniosku należy załączyć dane potwierdzające konieczność wprowadzenia nowych czynności konserwacyjnych do harmonogramu oraz określić częstotliwość ich przeprowadzania.
- 2.5.3.       Planowa konserwacja niezwiązana z emisją zanieczyszczeń
- 2.5.3.1.     Planowaną konserwację niezwiązaną z emisjami zanieczyszczeń, która jest zasadna i konieczna ze względów technicznych (i obejmuje np. wymianę oleju, wymianę filtra oleju, wymianę filtra paliwa, wymianę filtra powietrza, podjęcie czynności konserwacyjnych w odniesieniu do układu chłodzenia, regulację prędkości biegu jałowego, konserwację regulatora, dokręcenie śrub silnika, sprawdzenie luzu zaworowego i luzu wtryskiwacza, regulację naprężenia pasów napędowych itp.) można przeprowadzić na silnikach lub maszynach wybranych do planu akumulacji godzin pracy w największych odstępach czasu zalecanych właścicielom przez producenta (na przykład nie w odstępach czasu zalecanych dla dużego obciążenia eksploatacyjnego).
- 2.5.4.       Naprawa
- 2.5.4.1.     Naprawy części układu silnika wybranego do badania w ramach planu akumulacji godzin pracy przeprowadza się tylko na skutek awarii części lub układu silnika. Naprawa samego silnika, układu kontroli emisji lub układu paliwowego jest zabroniona, z wyjątkiem sytuacji opisanych w pkt 2.5.4.2.

- 2.5.4.2. Jeżeli w okresie objętym akumulacją godzin pracy awarii ulegnie sam silnik, układ kontroli emisji lub układ paliwowy, akumulację godzin pracy uznaje się za nieważną i rozpoczyna się ją od nowa na nowym układzie silnika, chyba że uszkodzone części zostaną zastąpione równoważnymi częściami, których godziny pracy były akumulowane przez podobny czas.
3. OKRES TRWAŁOŚCI EMISJI DLA SILNIKÓW NALEŻĄCYCH DO ZAKRESÓW MOCY OD H DO R
- 3.1. Producenci muszą stosować okresy trwałości emisji przedstawione w tabeli 1 w niniejszym punkcie.

Tabela 1

**Okres trwałości emisji dla silników z zapłonem samoczynnym należących do zakresów mocy od H do R (w godzinach)**

| Kategoria<br>(zakres mocy)                          | Okres trwałości emisji<br>(w godzinach) |
|---|---|
| ≤ 37 kW<br>(silniki o stałej prędkości obrotowej)   | 3 000                                   |
| ≤ 37 kW<br>(silniki o zmiennej prędkości obrotowej) | 5 000                                   |
| > 37 kW   | 8 000                                   |

## ZAŁĄCZNIK 9

**WYMAGANIA W ZAKRESIE ZAPEWNIENIA PRAWIDŁOWEGO DZIAŁANIA SYSTEMU KONTROLI EMISJI NO<sub>x</sub>****1. WPROWADZENIE**

W niniejszym załączniku określono wymagania w zakresie zapewnienia prawidłowego działania systemu kontroli emisji NO<sub>x</sub>. W załączniku przedstawiono wymagania dla silników, które wykorzystują reagent do ograniczania poziomu emisji.

**2. WYMAGANIA OGÓLNE**

Układ silnika należy wyposażyć w układ diagnostyki kontroli emisji NO<sub>x</sub> (NCD) zdolny do wykrywania awarii kontroli emisji NO<sub>x</sub> (NCM), o którym mowa w niniejszym załączniku. Wszystkie układy silnika opisane w niniejszym punkcie muszą zostać zaprojektowane, skonstruowane i zamontowane w sposób umożliwiający spełnianie odpowiednich wymagań przez cały standardowy okres eksploatacji silnika w zwykłych warunkach użytkowania. Aby umożliwić osiągnięcie tego celu, dopuszcza się, by silniki używane dłużej niż przez okres trwałości użytecznej przewidziany w pkt 3.1 załącznika 8 do niniejszego regulaminu wykazywały pewne obniżenie skuteczności i czułości układu diagnostyki kontroli emisji NO<sub>x</sub> (NCD), tak by wartości progowe określone w niniejszym załączniku mogły zostać przekroczone przed aktywowaniem systemu ostrzegania i systemu wymuszającego.

**2.1. Wymagane informacje**

2.1.1. Jeżeli system kontroli emisji wymaga użycia reagentu, wówczas producent musi podać właściwości takiego reagentu, w tym jego rodzaj, stężenie, jeżeli reagent występuje w postaci roztworu, temperaturę roboczą oraz odniesienia do międzynarodowych norm w zakresie składu i jakości, w pkt 2.2.1.13 dodatku 1 oraz w pkt 2.2.1.13 dodatku 3 do załącznika 1A do niniejszego regulaminu.

2.1.2. Składając wniosek o udzielenie homologacji typu, organowi udzielającemu homologacji typu przedstawia się szczegółowe informacje na piśmie zawierające pełen opis charakterystyki funkcjonalnej i operacyjnej systemu ostrzegania operatora w pkt 4 i systemu wymuszającego w pkt 5.

2.1.3. Producent musi przedłożyć dokumenty związane z montażem, które, jeżeli zostaną wykorzystane przez WUO, zagwarantują, że po jego zamontowaniu w maszynie silnik wraz z systemem kontroli emisji stanowiącym część homologowanego typu silnika będzie pracował, w połączeniu z niezbędnymi częściami maszyny, w sposób zgodny z wymaganiami niniejszego załącznika. Wspomniana dokumentacja musi zawierać szczegółowe wymagania techniczne i wytyczne dotyczące układu silnika (oprogramowania, osprzętu i sposobów komunikacji) niezbędne do poprawnego montażu układu silnika w maszynie.

**2.2. Warunki eksploatacji**

2.2.1. Układ diagnostyki kontroli emisji NO<sub>x</sub> musi działać w następujących warunkach:

- a) w temperaturze otoczenia od 266 K do 308 K (-7 °C do 35 °C);
- b) na dowolnej wysokości poniżej 1 600 m;
- c) przy temperaturze czynnika chłodzącego silnika powyżej 343 K (70 °C).

Niniejszy punkt nie ma zastosowania w przypadku monitorowania poziomu reagentu w zbiorniku, ponieważ w takim przypadku monitorowanie odbywa się we wszystkich warunkach, w których pomiar jest technicznie wykonalny (np. we wszystkich warunkach, w których nie dochodzi do zamarznięcia płynnego reagentu).

**2.3. Zabezpieczenie reagentu przed zamarzaniem**

2.3.1. Dopuszcza się możliwość stosowania podgrzewanego lub niepodgrzewanego zbiornika reagentu i układu dozowania. Podgrzewany układ musi spełniać wymagania określone w pkt 2.3.2. Niepodgrzewany układ musi spełniać wymagania określone w pkt 2.3.3.

2.3.1.1. Informację o zastosowaniu niepodgrzewanego zbiornika reagentu i układu dozowania należy zawrzeć w pisemnych instrukcjach przeznaczonych dla właściciela maszyny.

**2.3.2. Zbiornik reagentu i układ dozowania**

2.3.2.1. W przypadku zamarznięcia reagentu jego użycie musi być możliwe w ciągu nie więcej niż 70 minut po uruchomieniu silnika w temperaturze otoczenia wynoszącej 266 K (-7 °C).

**2.3.2.2. Kryteria konstrukcji układu podgrzewanego**

Układ podgrzewany musi być skonstruowany w taki sposób, by spełniał wymagania w zakresie wydajności określone w niniejszym punkcie podczas przeprowadzania badania z zastosowaniem określonej procedury.

2.3.2.2.1. Zbiornik reagentu i układ dozowania kondycjonuje się w temperaturze 255 K (-18 °C) przez 72 godziny lub do czasu, kiedy reagent przyjmie postać stałą, w zależności od tego, co nastąpi wcześniej.

- 2.3.2.2.2. Po upływie okresu kondycjonowania, o którym mowa w pkt 2.3.2.2.1, maszynę/silnik uruchamia się i użytkuje w temperaturze otoczenia wynoszącej 266 K (-7 °C) lub niższej, w następujący sposób:
- 10 do 20 minut na biegu jałowym;
  - a następnie przez maksymalnie 50 minut pod obciążeniem wynoszącym nie więcej niż 40 % obciążenia znamionowego.
- 2.3.2.2.3. Po zakończeniu procedury badania określonej w pkt 2.3.2.2.2 układ dozowania reagentu musi być w pełni funkcjonalny.
- 2.3.2.3. Ocenę kryteriów konstrukcji można przeprowadzić w zimnej komorze do badań z wykorzystaniem całej maszyny lub części reprezentatywnych dla części, które mają zostać zamontowane w maszynie, lub w oparciu o badania terenowe.
- 2.3.3. Aktywacja systemu ostrzegania operatora i systemu wymuszającego w przypadku układu niepodgrzewanego
- 2.3.3.1. Jeżeli przy temperaturze otoczenia  $\leq 266$  K (-7 °C) reagent nie jest dozowany, uruchamia się system ostrzegania operatora opisany w pkt 4.
- 2.3.3.2. Jeżeli nie następuje dozowanie reagentu w ciągu maksymalnie 70 minut od uruchomienia silnika przy temperaturze otoczenia  $\leq 266$  K (-7 °C), uruchamia się system stanowczego wymuszania opisany w pkt 5.4.
- 2.4. Wymagania diagnostyczne
- 2.4.1. Układ diagnostyki kontroli emisji NO<sub>x</sub> (NCD) musi umożliwiać wykrycie awarii kontroli emisji NO<sub>x</sub> (NCM), o którym mowa w niniejszym załączniku, za pomocą diagnostycznych kodów błęd (DTC) przechowywanych w pamięci komputera, jak również przekazanie odpowiednich informacji w tym zakresie na zewnątrz na żądanie.
- 2.4.2. Wymagania dotyczące zapisywania diagnostycznych kodów błęd (DTC)
- 2.4.2.1. Układ NCD zapisuje DTC dla każdego odrębnego przypadku wystąpienia awarii kontroli emisji NO<sub>x</sub> (NCM).
- 2.4.2.2. W ciągu 60 minut pracy silnika układ NCD ustala, czy doszło wykrywalnej awarii. Następnie „potwierdzony i aktywny” DTC jest zapisywany, a układ ostrzegania zostaje aktywowany zgodnie z pkt 4.
- 2.4.2.3. Jeżeli czujniki wymagają więcej niż 60 minut pracy, by poprawnie wykryć i potwierdzić NCM (np. czujniki wykorzystujące modele statystyczne lub powiązane ze zużyciem płynów w maszynie), organ udzielający homologacji typu może dopuścić dłuższy okres monitorowania, pod warunkiem że producent uzasadni potrzebę zastosowania dłuższego okresu (np. w oparciu o analizę techniczną, wyniki badań, własne doświadczenia itp.).
- 2.4.3. Wymagania dotyczące usuwania diagnostycznych kodów błęd (DTC):
- układ NCD nie może sam usunąć DTC z pamięci komputera, dopóki usterka, której dotyczył dany DTC, nie zostanie usunięta;
  - układ NCD może usunąć wszystkie DTC po otrzymaniu sygnału z własnego narzędzia skanującego lub narzędzia konserwacyjnego dostarczanego na żądanie przez producenta silnika lub poprzez zastosowanie kodu przekazanego przez producenta silnika.
- 2.4.4. Układ NCD nie może zostać zaprogramowany lub inaczej skonstruowany w taki sposób, by uległ częściowej lub całkowitej dezaktywacji po osiągnięciu przez maszynę określonego wieku, podczas gdy silnik będzie w dalszym ciągu znajdował się w eksploatacji; układ nie może również zawierać algorytmów lub strategii mających na celu zmniejszenie jego skuteczności po pewnym czasie.
- 2.4.5. Wszystkie kody komputerowe i parametry pracy układu NCD, które można przeprogramować, muszą być odporne na ingerencję osób niepowołanych.
- 2.4.6. Rodzina silników NCD
- Producent jest odpowiedzialny za określenie składu rodziny silników NCD. Grupowanie układów silnika w ramach rodziny silników NCD opiera się na właściwej ocenie technicznej i podlega zatwierdzenia przez organ udzielający homologacji typu.
- Silniki nienależące do tej samej rodziny silników mogą mimo to należeć do tej samej rodziny silników NCD.
- 2.4.6.1. Parametry określające rodzinę silników NCD
- Rodzina silników NCD cechuje się podstawowymi parametrami konstrukcyjnymi, które muszą być wspólne dla układów silników należących do tej rodziny.
- Aby układy silników mogły zostać uznane za należące do tej samej rodziny silników NCD, powinny one charakteryzować się podobnymi podstawowymi parametrami, które wymieniono poniżej:
- systemy kontroli emisji;
  - metody monitorowania NCD;



- c) kryteria monitorowania NCD;
- d) parametry monitorowania (np. częstotliwość).

Producent musi wykazać podobieństwo tych parametrów, przeprowadzając odpowiednią demonstrację techniczną lub inne właściwe procedury, które muszą zostać zatwierdzone przez organ udzielający homologacji typu.

Producent może wystąpić o zatwierdzenie przez organ udzielający homologacji typu drobnych różnic w metodach monitorowania/diagnozowania układu NCD wynikających ze zmian w konfiguracji układu silnika, jeżeli uważa, że metody te są do siebie podobne i różnią się tylko w zakresie, w jakim jest to niezbędne, aby były dostosowane do określonych właściwości danych części (np. rozmiar, przepływ w układzie wydechowym itd.), lub jeżeli ich podobieństwo zostało stwierdzone w oparciu o właściwą ocenę techniczną.

### 3. WYMAGANIA W ZAKRESIE KONSERWACJI

- 3.1. Producent dostarcza lub odpowiada za dostarczenie wszystkim właścicielom nowych silników lub maszyn pisemnych instrukcji dotyczących systemu kontroli emisji i jego prawidłowej pracy.

W takich instrukcjach należy zawrzeć informacje o tym, że w przypadku nieprawidłowego działania systemu kontroli emisji, operator zostanie powiadomiony o problemie przez system ostrzegania operatora, oraz że w przypadku zignorowania ostrzeżenia zostanie aktywowany system wymuszający, który uniemożliwi korzystanie z maszyny.

- 3.2. W instrukcjach należy określić wymagania dotyczące prawidłowego użytkowania i konserwacji silników w celu utrzymania odpowiedniego poziomu ich działania w odniesieniu do emisji, w tym, w stosownych przypadkach, prawidłowego użycia reagentów podlegających zużyciu.

- 3.3. Instrukcje muszą być napisane w sposób przejrzysty i nietechniczny, w tym samym języku co instrukcja użytkownika niedrogowej maszyny ruchomej lub silnika.

- 3.4. W instrukcjach należy określić, czy operator jest zobowiązany do uzupełniania reagentów podlegających zużyciu między zwykłymi przeglądami technicznymi. W instrukcjach należy również określić wymaganą jakość reagentów. Należy w nich wskazać sposób uzupełniania zbiornika z reagentem przez operatora. W informacjach tych należy również określić prawdopodobne tempo zużycia reagentu dla danego typu silnika i częstotliwość, z jaką musi być uzupełniany.

- 3.5. W instrukcjach należy poinformować, że stosowanie i uzupełnianie wymaganego reagentu o właściwej specyfikacji ma zasadnicze znaczenie dla spełniania przez silnik wymagań warunkujących wydanie homologacji typu dla danego typu silnika.

- 3.6. W instrukcjach należy wyjaśnić sposób działania systemu ostrzegania operatora i systemu wymuszającego. Ponadto, w kontekście pracy silnika i rejestracji błędów, należy w nich wyjaśnić konsekwencje zignorowania systemu ostrzegania, nieuzupełnienia poziomu reagentu lub nieusunięcia problemu.

### 4. SYSTEM OSTRZEGANIA OPERATORA

- 4.1. Maszyna musi być wyposażona w system ostrzegania operatora wykorzystujący wizualne sygnały ostrzegawcze do poinformowania operatora o wykryciu niskiego poziomu reagentu, niewłaściwej jakości reagentu, przerwy w dozowaniu lub awarii typu określonego w pkt 9, prowadzących do aktywacji systemu wymuszającego w przypadku niepodjęcia niezbędnych kroków w odpowiednim czasie. System ostrzegania musi pozostać aktywny po włączeniu się systemu wymuszającego opisanego w pkt 5.

- 4.2. Sygnał ostrzegawczy nie może być taki sam jak sygnał stosowany do celów sygnalizowania awarii silnika lub innych aspektów jego funkcjonowania, może jednak wykorzystywać ten sam system ostrzegania.

- 4.3. System ostrzegania operatora musi składać się z jednej lub większej liczby lampek lub może wyświetlać krótkie komunikaty, np. wskazujące wyraźnie:

- a) czas pozostały do aktywacji wymuszania o niskim poziomie lub stanowczego wymuszania;
- b) zakres wymuszania o niskim poziomie lub stanowczego wymuszania, np. zakres zmniejszenia momentu obrotowego;
- c) warunki, jakie należy spełnić w celu odblokowania maszyny.

System wykorzystywany do wyświetlania komunikatów może być tym samym systemem, co system wykorzystywany do innych celów konserwacji.

- 4.4. Zależnie od decyzji producenta system ostrzegania może również obejmować sygnał dźwiękowy ostrzegający operatora. Dopuszcza się wyłączenie sygnału dźwiękowego przez operatora.

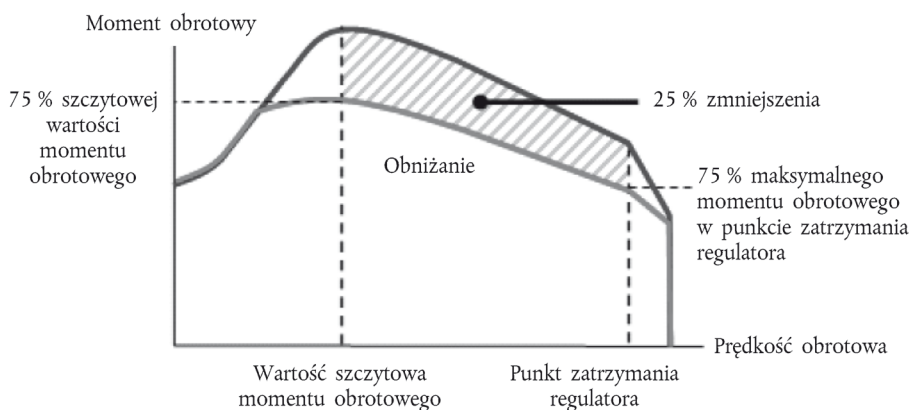
- 4.5. System ostrzegania operatora aktywuje się w sposób przewidziany odpowiednio w pkt 2.3.3.1, 6.2, 7.2, 8.4 i 9.3.

- 4.6. System ostrzegania operatora wyłącza się w momencie ustania warunków uzasadniających jego aktywację. System ostrzegania operatora nie wyłącza się automatycznie, jeżeli przyczyna jego aktywacji nie zostanie usunięta.

- 4.7. Działanie systemu ostrzegania może zostać tymczasowo przerwane w celu wyemitowania innych sygnałów ostrzegawczych przekazujących ważne komunikaty dotyczące bezpieczeństwa.
- 4.8. Procedury aktywacji i wyłączenia systemu ostrzegania operatora zostały opisane w dodatku 2 do niniejszego załącznika.
- 4.9. Składając wniosek o udzielenie homologacji typu na podstawie niniejszego regulaminu, producent musi wykazać, że system ostrzegania operatora działa w sposób opisany w dodatku 2 do niniejszego załącznika.
5. SYSTEM WYMUSZAJĄCY
- 5.1. Maszyna musi być wyposażona w system wymuszający funkcjonujący w oparciu o jedną z następujących zasad:
- 5.1.1. dwuetapowy system wymuszający, powodujący najpierw wymuszanie niskiego poziomu (ograniczenie działania), a następnie stanowcze wymuszanie (skuteczne zablokowanie działania maszyny);
- 5.1.2. jednoetapowy system stanowczego wymuszania (skuteczne zablokowanie działania maszyny) aktywowany w warunkach systemu wymuszającego niskiego poziomu, jak określono w pkt 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 i 9.4.1.
- 5.2. Po wcześniejszym udzieleniu homologacji przez organ udzielający homologacji typu silnik może zostać wyposażony w środki wyłączenia systemu wymuszającego w czasie stanu zagrożenia ogłoszonego przez krajową lub regionalną administrację rządową i podległe jej służby ratunkowe oraz siły zbrojne.
- 5.3. System wymuszający niskiego poziomu
- 5.3.1. Aktywacja systemu wymuszającego niskiego poziomu następuje po wystąpieniu któregośkolwiek z warunków określonych w pkt 6.3.1, 7.3.1, 8.4.1 i 9.4.1.
- 5.3.2. System wymuszający niskiego poziomu zmniejsza stopniowo maksymalny dostępny moment obrotowy silnika w całym zakresie prędkości obrotowych silnika o co najmniej 25 % między szczytową prędkością momentu obrotowego i punktem zatrzymania regulatora, jak zostało to przedstawione na rys. 1. Tempo ograniczania momentu obrotowego musi wynosić co najmniej 1 % na minutę.
- 5.3.3. Dopuszcza się również możliwość korzystania z innych środków wymuszających, jeżeli producent wykazał organowi udzielającemu homologacji typu, że zapewniają one ten sam lub wyższy poziom stanowczości.

Rysunek 1

**Program zmniejszania momentu obrotowego przez system wymuszający niskiego poziomu**



- 5.4. System stanowczego wymuszania
- 5.4.1. Aktywacja systemu stanowczego wymuszania następuje po wystąpieniu któregośkolwiek z warunków określonych w pkt 2.3.3.2, 6.3.2, 7.3.2, 8.4.2 i 9.4.2.
- 5.4.2. System stanowczego wymuszania zmniejsza użyteczność maszyny do poziomu, w którym korzystanie z niej będzie dostatecznie uciążliwe, aby zmusić operatora do wyeliminowania wszelkich problemów, o których mowa w pkt 6–9. Dopuszcza się możliwość zastosowania następujących programów:
- 5.4.2.1. Między szczytową prędkością momentu obrotowego i punktem zatrzymania regulatora należy stopniowo obniżać moment obrotowy silnika z wartości momentu dla wymuszenia niskiego poziomu przedstawionej na rys. 1 o co najmniej 1 % na minutę do momentu osiągnięcia 50 % maksymalnego momentu obrotowego lub niższej jego wartości, natomiast prędkość obrotową silnika należy stopniowo zmniejszać do momentu osiągnięcia 60 % prędkości znamionowej lub niższej jej wartości, w tym samym czasie, w którym ma miejsce zmniejszanie momentu obrotowego, jak pokazano na rys. 2.



w którym uruchomiony zostanie system wymuszający (np. poprzez zwiększenie częstotliwości emitowania sygnałów świetlnych przez lampę). Kulminacyjnym momentem działania systemu jest powiadomienie operatora o poziomie wybranym przez producenta, ale w sposób dostatecznie lepiej zauważalny po uruchomieniu systemu wymuszającego, o którym mowa w pkt 6.3, niż w chwili jego początkowego aktywowania.

- 6.2.4. Ciągły sygnał ostrzegawczy nie może być łatwy do wyłączenia lub zignorowania. Jeżeli system ostrzegania jest wyposażony w układ wyświetlania komunikatów, należy wyświetlać na nim jednoznaczne komunikaty (np. „uzupełnij mocznik”, „uzupełnij AdBlue” lub „uzupełnij reagent”). Działanie ciągłego sygnału ostrzegawczego może zostać tymczasowo przerwane w celu wyemitowania innych sygnałów ostrzegawczych przekazujących ważne komunikaty dotyczące bezpieczeństwa.
- 6.2.5. Wyłączenie systemu ostrzegania przed uzupełnieniem reagentu do poziomu niepowodującego aktywacji systemu nie może być możliwe.
- 6.3. Aktywacja systemu wymuszającego
- 6.3.1. System wymuszający niskiego poziomu opisany w pkt 5.3 aktywuje się, gdy poziom reagentu spadnie poniżej 2,5 % znamionowej całkowitej pojemności zbiornika reagentu lub poniżej wyższej wartości procentowej określonej przez producenta.
- 6.3.2. System stanowczego wymuszania opisany w pkt 5.4 aktywuje się w momencie opróżnienia zbiornika reagentu (tj. w momencie, gdy układ dozownika nie będzie już w stanie pobierać reagentu ze zbiornika) lub w momencie, gdy poziom reagentu w zbiorniku będzie niższy niż 2,5 % jego znamionowej całkowitej pojemności, w zależności od decyzji producenta.
- 6.3.3. Poza przypadkami wymienionymi w pkt 5.5, wyłączenie systemu wymuszającego niskiego poziomu lub systemu stanowczego wymuszania nie może być możliwe przed uzupełnieniem reagentu do poziomu niepowodującego aktywacji tych systemów.
7. MONITOROWANIE JAKOŚCI REAGENTU
- 7.1. Silnik lub maszyna muszą być wyposażone w środki wykrywania obecności niewłaściwego reagentu w maszynie.
- 7.1.1. Producent określa minimalne dopuszczalne stężenie reagentu  $CD_{min}$  zapewniające utrzymanie poziomu emisji  $NO_x$  z rury wydechowej poniżej proggu 0,9 g/kWh.
- 7.1.1.1. Prawidłową wartość  $CD_{min}$  należy wykazać podczas homologacji typu w drodze procedury przedstawionej w dodatku 3 do niniejszego załącznika oraz zawrzeć ją w poszerzonym pakiecie dokumentacji, o którym mowa w pkt 5.3 niniejszego regulaminu.
- 7.1.2. Należy zagwarantować, że każde stężenie reagentu niższe niż  $CD_{min}$  zostanie wykryte; w takim przypadku reagent uznaje się za niewłaściwy do celów pkt 7.1.
- 7.1.3. Jakości reagentu należy przypisać specjalny licznik („licznik jakości reagentu”). Licznik jakości reagentu nalicza godziny pracy silnika na niewłaściwym reagentcie.
- 7.1.3.1. Opcjonalnie producent może ustanowić jeden licznik dla błędów jakości reagentu oraz jednego lub większej liczby błędów wymienionych w pkt 8 i 9.
- 7.1.4. Kryteria i mechanizmy aktywacji i wyłączenia licznika jakości reagentu zostały szczegółowo opisane w dodatku 2 do niniejszego załącznika.
- 7.2. Aktywacja systemu ostrzegania operatora
- Po potwierdzeniu przez układ monitorujący, że jakość reagentu jest niewłaściwa, należy aktywować system ostrzegania operatora opisany w pkt 4. Jeżeli system ostrzegania jest wyposażony w układ wyświetlania komunikatów, wyświetlany jest komunikat wskazujący przyczynę wystosowania ostrzeżenia (na przykład „wykryto niewłaściwy mocznik”, „wykryto niewłaściwy AdBlue” lub „wykryto niewłaściwy reagent”).
- 7.3. Aktywacja systemu wymuszającego
- 7.3.1. System wymuszający niskiego poziomu opisany w pkt 5.3 aktywuje się, jeżeli jakość reagentu nie zostanie poprawiona w ciągu maksymalnie 10 godzin pracy silnika od momentu aktywacji systemu ostrzegania operatora opisanego w pkt 7.2.
- 7.3.2. System stanowczego wymuszania opisany w pkt 5.4 aktywuje się, jeżeli jakość reagentu nie zostanie poprawiona w ciągu maksymalnie 20 godzin pracy silnika od momentu aktywacji systemu ostrzegania operatora opisanego w pkt 7.2.
- 7.3.3. Liczba godzin poprzedzających aktywację systemów wymuszających ulega zmniejszeniu w przypadku powtórnego wystąpienia awarii zgodnie z mechanizmem opisanym w dodatku 2 do niniejszego załącznika.

8. DOZOWANIE REAGENTU
- 8.1. Silnik musi być wyposażony w urządzenie umożliwiające wykrycie przerwy w dozowaniu.
- 8.2. Licznik dozowania reagentu
- 8.2.1. Dozowanie jest mierzone przy pomocy specjalnego licznika („licznik dozowania”). Licznik ten zlicza godziny pracy silnika, w których doszło do przerwania dozowania reagentu. Nie jest to wymagane, jeżeli taka przerwa następuje pod wpływem działania elektronicznej jednostki sterującej silnika z uwagi na takie warunki eksploatacji maszyny, które nie wymagają dozowania reagentu dla utrzymania wymaganego poziomu emisji przez maszynę.
- 8.2.1.1. Opcjonalnie producent może ustanowić jeden licznik dla błęd dozowania reagentu oraz jednego lub większej liczby błędów wymienionych w pkt 7 i 9.
- 8.2.2. Kryteria i mechanizmy aktywacji i wyłączania licznika dozowania reagentu zostały szczegółowo opisane w dodatku 2 do niniejszego załącznika.
- 8.3. Aktywacja systemu ostrzegania operatora
- System ostrzegania operatora opisany w pkt 4 aktywuje się w przypadku przerwania dozowania, które doprowadzi do uruchomienia licznika dozowania zgodnie z pkt 8.2.1. Jeżeli system ostrzegania jest wyposażony w układ wyświetlania komunikatów, wyświetlany jest komunikat wskazujący przyczynę wystosowania ostrzeżenia (np. „awaria układu dozowania mocznika”, „awaria układu dozowania AdBlue” lub „awaria układu dozowania reagentu”).
- 8.4. Aktywacja systemu wymuszającego
- 8.4.1. System wymuszający niskiego poziomu opisany w pkt 5.3 aktywuje się, jeżeli przerwa w dozowaniu reagentu nie zostanie usunięta w ciągu maksymalnie 10 godzin pracy silnika od momentu aktywacji systemu ostrzegania operatora opisanego w pkt 8.3.
- 8.4.2. System stanowczego wymuszania opisany w pkt 5.4 aktywuje się, jeżeli przerwa w dozowaniu reagentu nie zostanie usunięta w ciągu maksymalnie 20 godzin pracy silnika od momentu aktywacji systemu ostrzegania operatora opisanego w pkt 8.3.
- 8.4.3. Liczba godzin poprzedzających aktywację systemów wymuszających ulega zmniejszeniu w przypadku powtórnego wystąpienia awarii zgodnie z mechanizmem opisanym w dodatku 2 do niniejszego załącznika.
9. MONITOROWANIE BŁĘDÓW MOGĄCYCH WYNIKAĆ Z INGERENCJI OSÓB NIEPOWOŁANYCH
- 9.1. Poza monitorowaniem poziomu reagentu w zbiorniku, jakości reagentu i przerw w dozowaniu należy również monitorować następujące błędy, ponieważ mogą być one spowodowane ingerencją osób niepowołanych:
- a) blokada zaworu EGR;
- b) błędy układu diagnostyki kontroli NO<sub>x</sub> (NCD) opisane w pkt 9.2.1.
- 9.2. Wymagania dotyczące monitorowania
- 9.2.1. Układ diagnostyki kontroli NO<sub>x</sub> monitoruje się pod kątem awarii elektrycznych oraz pod kątem potencjalnego usunięcia lub wyłączenia jakiegokolwiek czujnika, co uniemożliwia układowi diagnostycznemu wszelkich innych błędów, o których mowa w pkt 6–8 (monitorowanie części).
- Niewyczerpująca lista czujników wpływających na zdolność diagnostyczną obejmuje czujniki dokonujące bezpośredniego pomiaru stężenia NO<sub>x</sub>, czujniki jakości mocznika, czujniki warunków otoczenia oraz czujniki służące do monitorowania dozowania reagentu, jego poziomu i zużycia.
- 9.2.2. Licznik zaworu EGR
- 9.2.2.1. Zablockowanemu zaworowi EGR przypisuje się specjalny licznik. Licznik zaworu EGR nalicza godziny pracy silnika, podczas których aktywność statusu diagnostycznego kodu błędu związanego z zablockowanym zaworem EGR była potwierdzona.
- 9.2.2.1.1. Opcjonalnie producent może ustanowić jeden licznik dla błęd zablockowania zaworu EGR oraz jednego lub większej liczby błędów wymienionych w pkt 7, 8 i 9.2.3.
- 9.2.2.2. Kryteria i mechanizmy aktywacji i wyłączania licznika zaworu EGR zostały szczegółowo opisane w dodatku 2 do niniejszego załącznika.
- 9.2.3. Liczniki układu NCD

- 9.2.3.1. Każdemu błędowi monitorowania, o którym mowa w pkt 9.1 ppkt (ii), przypisuje się specjalny licznik. Liczniki układu NCD naliczają godziny pracy silnika, podczas których aktywność statusu diagnostycznego kodu błędu związanego z awarią układu NCD była potwierdzona. Dopuszcza się możliwość ustanowienia jednego licznika dla szeregu błędów.
- 9.2.3.1.1. Opcjonalnie producent może ustanowić jeden licznik dla błędu układu NCD oraz jednego lub większej liczby błędów wymienionych w pkt 7, 8 i 9.2.2.
- 9.2.3.2. Kryteria i mechanizmy aktywacji i wyłączenia liczników układu NCD zostały szczegółowo opisane w dodatku 2 do niniejszego załącznika.
- 9.3. Aktywacja systemu ostrzegania operatora
- System ostrzegania operatora opisany w pkt 4 włącza się w przypadku wystąpienia któregośkolwiek z błędów określonych w pkt 9.1 i wskazuje na konieczność podjęcia pilnych działań naprawczych. Jeżeli system ostrzegania jest wyposażony w układ wyświetlania komunikatów, wyświetlany jest komunikat wskazujący przyczynę wystosowania ostrzeżenia (np. „zawór dozowania reagentu odłączony” lub „krytyczny błąd emisji”).
- 9.4. Aktywacja systemu wymuszającego
- 9.4.1. System wymuszający niskiego poziomu opisany w pkt 5.3 aktywuje się, jeżeli błąd określony w pkt 9.1 nie zostanie usunięty w ciągu maksymalnie 36 godzin pracy silnika od momentu aktywacji systemu ostrzegania operatora opisanego w pkt 9.3.
- 9.4.2. System stanowczego wymuszania opisany w pkt 5.4 aktywuje się, jeżeli błąd określony w pkt 9.1 nie zostanie usunięty w ciągu maksymalnie 100 godzin pracy silnika od momentu aktywacji systemu ostrzegania operatora opisanego w pkt 9.3.
- 9.4.3. Liczba godzin poprzedzających aktywację systemów wymuszających ulega zmniejszeniu w przypadku powtórnego wystąpienia awarii zgodnie z mechanizmem opisanym w dodatku 2 do niniejszego załącznika.
- 9.5. Jako rozwiązanie alternatywne wobec stosowania wymagań określonych w pkt 9.2, producent może zastosować czujnik NO<sub>x</sub> umieszczony w gazach spalinowych. W takim przypadku:
- a) wartość NO<sub>x</sub> nie może przekroczyć progu 0,9 g/kWh;
  - b) można wprowadzić pojedynczą kategorię błędu „wysoki poziom NO<sub>x</sub> – pierwotna przyczyna nieznana”;
  - c) odpowiedni fragment pkt 9.4.1 należy rozumieć jako „w ciągu maksymalnie 10 godzin pracy silnika”;
  - d) odpowiedni fragment pkt 9.4.2 należy rozumieć jako „w ciągu maksymalnie 20 godzin pracy silnika”.
-

## Dodatek 1

**Wymagania dotyczące demonstracji**

## 1. PRZEPISY OGÓLNE

Podczas homologacji typu należy wykazać zgodność z wymaganiami niniejszego załącznika, przeprowadzając, w sposób zgodny z tabelą 1 i niniejszym punktem:

- a) demonstrację aktywacji systemu ostrzegania;
- b) demonstrację aktywacji systemu wymuszającego niskiego poziomu, w stosownych przypadkach;
- c) demonstrację aktywacji systemu stanowczego wymuszania.

Tabela 1

**Ilustracja przebiegu procesu demonstracji zgodnie z przepisami pkt 3 i 4**

| Mechanizm  | Elementy demonstracji  |
|--|--|
| Aktywacja systemu ostrzegania określona w pkt 3 niniejszego dodatku                    | — 2 badania aktywacji (w tym z powodu braku reagentu)<br>— w stosownych przypadkach dodatkowe elementy demonstracji  |
| Aktywacja systemu wymuszającego niskiego poziomu określona w pkt 4 niniejszego dodatku | — 2 badania aktywacji (w tym z powodu braku reagentu)<br>— w stosownych przypadkach dodatkowe elementy demonstracji<br>— 1 badanie zmniejszenia momentu obrotowego |
| Aktywacja systemu stanowczego wymuszania określona w pkt 4.6 niniejszego dodatku       | — 2 badania aktywacji (w tym z powodu braku reagentu)<br>— w stosownych przypadkach dodatkowe elementy demonstracji  |

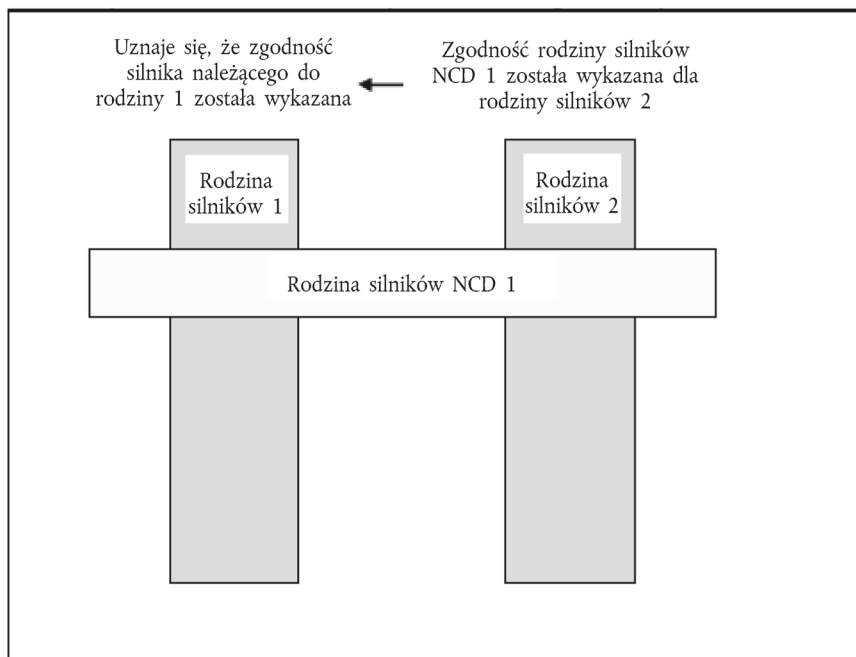
## 2. RODZINY SILNIKÓW I RODZINY SILNIKÓW NCD

Zgodność rodziny silników lub rodziny silników NCD z wymaganiami niniejszego dodatku można wykazać, poddając jednego z członków danej rodziny badaniu, pod warunkiem że producent wykaże organowi udzielającemu homologacji typu, iż układy monitorujące niezbędne dla zapewnienia zgodności z wymaganiami niniejszego dodatku są podobne w obrębie tej rodziny.

- 2.1. Podobieństwo do układów monitorujących innych członków rodziny NCD można wykazać, przedstawiając organom udzielającym homologacji takie elementy, jak algorytmy, analizy funkcjonalne itp.
- 2.2. Silnik poddawany badaniu wybiera producent w porozumieniu z organem udzielającym homologacji typu. Może to być, lecz nie musi, silnik macierzysty danej rodziny.
- 2.3. W przypadku gdy silniki lub rodzina silników należą do rodziny silników NCD, która uzyskała już homologację typu zgodnie z pkt 2.1 (rys. 3), uznaje się, że zgodność tej rodziny silników została wykazana bez konieczności przeprowadzania dalszych badań, o ile producent wykaże organowi udzielającemu homologacji, że układy monitorujące niezbędne do zapewnienia zgodności z wymaganiami niniejszego załącznika są podobne w obrębie danej rodziny silników lub rodziny silników NCD.

Rysunek 3

## Uprzednio wykazana zgodność rodziny silników NCD



## 3. DEMONSTRACJA AKTYWACJI SYSTEMU OSTRZEGANIA

- 3.1. Zgodność aktywacji systemu ostrzegania należy wykazać, przeprowadzając dwa badania: na brak reagentu i na jedną z kategorii błędów, o której mowa w pkt 7–9 niniejszego załącznika.
- 3.2. Wybór błędów do badań
- 3.2.1. Na potrzeby demonstracji aktywacji systemu ostrzegania w przypadku niewłaściwej jakości reagentu wybiera się reagent o rozcieńczeniu aktywnego składnika równym lub wyższym niż rozcieńczenie podane przez producenta zgodnie z wymaganiami pkt 7 niniejszego załącznika.
- 3.2.2. Na potrzeby demonstracji aktywacji systemu ostrzegania w przypadku błędów, które można przypisać ingerencji osób niepowołanych i które zdefiniowano w pkt 9 niniejszego załącznika, wyboru dokonuje się zgodnie z następującymi wymaganiami:
- 3.2.2.1. Producent musi przedstawić organowi udzielającemu homologacji typu wykaz takich potencjalnych błędów.
- 3.2.2.2. Organ udzielający homologacji typu wybiera błąd, który ma być przedmiotem badania, z wykazu, o którym mowa w pkt 3.2.2.1.
- 3.3. Demonstracja
- 3.3.1. Na potrzeby demonstracji przeprowadza się oddzielne badanie dla każdego błędu uwzględnionego w pkt 3.1.
- 3.3.2. W trakcie badania nie może dojść do wystąpienia żadnego innego błędu niż błąd będący przedmiotem badania.
- 3.3.3. Przed rozpoczęciem badania należy skasować wszystkie diagnostyczne kody błędów.
- 3.3.4. Na żądanie producenta i za zgodą organu udzielającego homologacji typu błędy, których dotyczy badanie, mogą być symulowane.
- 3.3.5. Wykrywanie błędów innych niż brak reagentu
- Procedurę wykrywania wywołanych lub zasymulowanych błędów innych niż brak reagentu przeprowadza się w następujący sposób:
- 3.3.5.1. Układ NCD musi zareagować na pojawienie się błędu uznanego za odpowiedni przez organ udzielający homologacji typu zgodnie z przepisami niniejszego dodatku. Zdolność do takiej reakcji uznaje się za wykazaną, jeżeli aktywacja nastąpi w ciągu dwóch kolejnych cykli badania NCD zgodnie z pkt 3.3.7.



Jeżeli w opisie monitorowania zaznaczono, że dany układ monitorujący potrzebuje więcej niż dwóch cykli badania NCD do zakończenia monitorowania, oraz jeżeli fakt ten został uzgodniony z organem udzielającym homologacji typu, liczba cykli badania NCD może zostać zwiększona do 3.

W ramach badania demonstracyjnego pojedyncze cykle badania NCD można rozdzielić, wyłączając silnik. Ustalając długość okresu poprzedzającego kolejny rozruch, należy wziąć pod uwagę wszelkie procedury monitorowania, które mogą być prowadzone po wyłączeniu silnika, a także wszelkie warunki niezbędne do rozpoczęcia monitorowania przy kolejnym rozruchu.

- 3.3.5.2. Demonstrację aktywacji systemu ostrzegania uznaje się za przeprowadzoną pomyślnie, jeżeli po zakończeniu każdego badania demonstracyjnego przeprowadzonego zgodnie z pkt 3.2.1 system ostrzegania aktywował się prawidłowo, a diagnostyczny kod błędu odpowiadający wybranemu błędowi miał status „potwierdzony i aktywny”.
- 3.3.6. Wykrywanie w przypadku braku dostępności reagentu
- Na potrzeby demonstracji aktywacji systemu ostrzegania w przypadku braku reagentu układ silnika uruchamia się w jednym lub większej liczbie cykli badania NCD, według uznania producenta.
- 3.3.6.1. Demonstrację należy rozpocząć przy poziomie reagentu w zbiorniku uzgodnionym przez producenta i organ udzielający homologacji typu, ale wynoszącym nie mniej niż 10 % znamionowej pojemności zbiornika.
- 3.3.6.2. W przypadku jednoczesnego spełnienia obydwu wskazanych poniżej warunków uznaje się, że system ostrzegania zadziałał właściwie:
- a) system ostrzegania został aktywowany, gdy poziom dostępności reagentu wynosił co najmniej 10 % pojemności zbiornika z reagentem; oraz
  - b) system ostrzegania włączył się w trybie ciągłym przy dostępności reagentu większej lub równej wartości zadeklarowanej przez producenta zgodnie z przepisami pkt 6 niniejszego załącznika.
- 3.3.7. Cykl badania NCD
- 3.3.7.1. Cyklem badania NCD, który zgodnie z niniejszym pkt 10 należy przeprowadzić, aby wykazać, że układ NCD działa w prawidłowy sposób, jest cykl gorącego rozruchu NRTC.
- 3.3.7.2. Na wniosek producenta oraz za zgodą organu udzielającego homologacji typu w odniesieniu do konkretnego układu monitorującego można przeprowadzić alternatywny cykl badania NCD (np. NRSC). We wspomnianym wniosku należy zawrzeć elementy (analizy techniczne, symulacje, wyniki badań itp.) wykazujące, że:
- a) cykl badania, którego dotyczy wniosek, zapewni funkcjonowanie układu monitorującego w rzeczywistych warunkach drogowych; oraz
  - b) zastosowanie standardowego cyklu badania NCD, o którym mowa w pkt 3.3.7.1, będzie mniej korzystne w przypadku przedmiotowego monitorowania.
- 3.4. Demonstrację aktywacji systemu ostrzegania uznaje się za przeprowadzoną pomyślnie, jeżeli po zakończeniu każdego badania demonstracyjnego przeprowadzonego zgodnie z pkt 3.3 system ostrzegania aktywował się prawidłowo.
4. DEMONSTRACJA AKTYWACJI SYSTEMU WYMUSZAJĄCEGO
- 4.1. Demonstrację aktywacji systemu wymuszającego przeprowadza się w drodze badań na hamowni silnikowej.
- 4.1.1. Wszelkie części lub podzespoły niezamontowane fizycznie w układzie silnika, takie jak m.in. czujniki temperatury otoczenia, czujniki poziomu oraz systemy ostrzegania i informowania operatora, które są niezbędne do przeprowadzenia demonstracji, podłącza się w tym celu do układu silnika lub symuluje się ich działanie w sposób zadowalający dla organu udzielającego homologacji typu.
- 4.1.2. Badania demonstracyjne mogą zostać przeprowadzone na kompletnej maszynie zamontowanej na odpowiednim stanowisku badawczym lub jadącej po torze badawczym w warunkach kontrolowanych, jeżeli producent tak postanowi i uzyska na to zgodę organu udzielającego homologacji typu.
- 4.2. W trakcie sekwencji badania demonstruje się aktywację systemu wymuszającego w przypadku braku reagentu i w przypadku wystąpienia jednego z błędów zdefiniowanych w pkt 7, 8 i 9 niniejszego załącznika.

- 4.3. Na potrzeby tej demonstracji:
- organ udzielający homologacji typu wybiera, oprócz braku reagentu, jeden z błędów zdefiniowanych w pkt 7, 8 lub 9 niniejszego załącznika, które uprzednio wykorzystano na potrzeby demonstracji aktywacji systemu ostrzegania;
  - działając w porozumieniu z organem udzielającym homologacji typu, producent może przyspieszyć badanie, symulując osiągnięcie określonej liczby godzin pracy;
  - osiągnięcie stopnia zmniejszenia momentu obrotowego wymaganego w celu aktywowania systemu wymuszającego niskiego poziomu można zademonstrować w tym samym czasie, w którym odbywa się proces ogólnej homologacji działania silnika przeprowadzany zgodnie z niniejszym regulaminem. W takim przypadku dokonywanie odrębnego pomiaru momentu obrotowego podczas demonstracji systemu wymuszającego nie jest wymagane;
  - aktywację systemu stanowczego wymuszenia demonstruje się zgodnie z wymaganiami pkt 4.6 niniejszego dodatku.
- 4.4. Ponadto producent demonstruje działanie systemu wymuszania w tych warunkach błędu zdefiniowanych w pkt 7, 8 lub 9 niniejszego załącznika, których nie wybrano na potrzeby przeprowadzenia badań demonstracyjnych opisanych w pkt 4.1–4.3.
- Takie dodatkowe demonstracje można przeprowadzić, przekazując organowi udzielającemu homologacji typu dokumentację techniczną sporządzoną w oparciu o dowody takie jak algorytmy, analizy funkcjonalne i wyniki poprzednich badań.
- 4.4.1. Takie dodatkowe demonstracje muszą w szczególności służyć wykazaniu w sposób zadowalający dla organu udzielającego homologacji typu, że w elektronicznej jednostce sterującej silnika zamontowano właściwy mechanizm zmniejszający moment obrotowy.
- 4.5. Badanie demonstracyjne systemu wymuszającego niskiego poziomu
- 4.5.1. Przedmiotowe badanie demonstracyjne rozpoczyna się w momencie aktywacji systemu ostrzegania lub, w stosownych przypadkach, systemu ostrzegania działającego w trybie ciągłym, wskutek wykrycia błędu wybranego przez organ udzielający homologacji typu.
- 4.5.2. Podczas sprawdzania reakcji systemu na brak reagentu w zbiorniku układ silnika pracuje do momentu, gdy dostępność reagentu osiągnie wartość 2,5 % całkowitej znamionowej pojemności zbiornika lub wartość zadeklarowaną przez producenta zgodnie z pkt 6.3.1 niniejszego załącznika, przy której ma dojść do aktywacji systemu wymuszającego niskiego poziomu.
- 4.5.2.1. Za zgodą organu udzielającego homologacji typu producent może symulować ciągłą pracę systemu, pobierając reagent ze zbiornika podczas pracy silnika lub w czasie, gdy praca silnika jest wstrzymana.
- 4.5.3. Przy sprawdzaniu reakcji systemu na błąd inny niż brak reagentu w zbiorniku układ silnika musi pracować do momentu osiągnięcia odpowiedniej liczby godzin pracy wskazanej w tabeli 3 niniejszego dodatku lub, wedle uznania producenta, do momentu osiągnięcia przez dany licznik wartości, przy której następuje aktywacja systemu wymuszającego niskiego poziomu.
- 4.5.4. Demonstrację systemu wymuszającego niskiego poziomu uznaje się za przeprowadzoną pomyślnie, jeżeli po zakończeniu każdego badania demonstracyjnego przeprowadzonego zgodnie z pkt 4.5.2 i 4.5.3 producent wykaże organowi udzielającemu homologacji typu, że elektroniczna jednostka sterująca silnika uruchomiła mechanizm zmniejszenia momentu obrotowego.
- 4.6. Badanie demonstracyjne systemu stanowczego wymuszania
- 4.6.1. Przedmiotowe badanie demonstracyjne należy rozpocząć w warunkach, w których wcześniej doszło do aktywacji systemu wymuszającego niskiego poziomu; badanie to można traktować jako kontynuację badań służących zademonstrowaniu aktywacji systemu wymuszającego niskiego poziomu.
- 4.6.2. Podczas sprawdzania reakcji systemu na brak reagentu w zbiorniku układ silnika musi pracować do momentu, gdy zbiornik reagentu zostanie opróżniony lub gdy poziom reagentu osiągnie wartość niższą niż 2,5 % całkowitej znamionowej pojemności zbiornika, przy której, zgodnie z deklaracją producenta, ma dojść do aktywacji systemu stanowczego wymuszania.
- 4.6.2.1. Za zgodą organu udzielającego homologacji typu producent może symulować ciągłą pracę systemu, pobierając reagent ze zbiornika podczas pracy silnika lub w czasie, gdy praca silnika jest wstrzymana.
- 4.6.3. Przy sprawdzaniu reakcji systemu na błąd inny niż brak reagentu w zbiorniku układ silnika musi pracować do momentu osiągnięcia odpowiedniej liczby godzin pracy wskazanej w tabeli 3 niniejszego dodatku lub, wedle uznania producenta, do momentu osiągnięcia przez dany licznik wartości, przy której następuje aktywacja systemu stanowczego wymuszania.
- 4.6.4. Demonstrację aktywacji systemu stanowczego wymuszania uznaje się za przeprowadzoną pomyślnie, jeżeli po zakończeniu każdego badania demonstracyjnego przeprowadzonego zgodnie z pkt 4.6.2 i 4.6.3 producent wykaże organowi udzielającemu homologacji typu, że doszło do aktywacji mechanizmu stanowczego wymuszania, o którym mowa w niniejszym załączniku.

- 4.7. Alternatywnie, zgodnie z wymaganiami pkt 5.4 demonstracja aktywacji mechanizmów wymuszających może zostać przeprowadzona na kompletnej maszynie zamontowanej na odpowiednim stanowisku badawczym lub jadącej po torze badawczym w warunkach kontrolowanych, jeżeli producent tak postanowi i uzyska na to zgodę organu udzielającego homologacji typu.
- 4.7.1. Maszynę eksploatuje się do momentu osiągnięcia przez licznik powiązany z wybranym błędem odpowiedniej liczby godzin pracy wskazanej w tabeli 3 niniejszego dodatku lub, w stosownych przypadkach, do momentu, gdy zbiornik zostanie opróżniony lub gdy poziom reagentu osiągnie wartość niższą niż 2,5 % całkowitej znamionowej pojemności zbiornika, przy której, zgodnie ze wskazaniem producenta, powinno dojść do aktywacji systemu stanowczego wymuszania.
-

## Dodatek 2

**Opis mechanizmów aktywacji i wyłączenia systemu ostrzegania operatora i systemu wymuszającego**

1. W CELU UZUPEŁNIENIA WYMAGAŃ DOTYCZĄCYCH MECHANIZMÓW AKTYWACJI I WYŁĄCZANIA SYSTEMU OSTRZEGANIA OPERATORA I SYSTEMU WYMUSZAJĄCEGO ZAWARTYCH W TYM ZAŁĄCZNIKU, W NINIEJSZYM DODATKU 2 OKREŚLONO WYMAGANIA TECHNICZNE W ZAKRESIE WDRAŻANIA TAKICH MECHANIZMÓW AKTYWACJI I WYŁĄCZANIA.
2. MECHANIZMY AKTYWACJI I WYŁĄCZANIA SYSTEMU OSTRZEGANIA
- 2.1. System ostrzegania operatora zostaje aktywowany w przypadku, gdy diagnostyczny kod błędu (DTC) związany z nieprawidłowym funkcjonowaniem kontroli emisji NO<sub>x</sub> uzasadniającym jego aktywację zostanie opatrzony statusem określonym w tabeli 2 niniejszego dodatku.

Tabela 2

**Aktywacja systemu ostrzegania operatora**

| Typ błędu                                     | Status DTC aktywujący system ostrzegania |
|---|--|
| niska jakość reagentu                         | potwierdzony i aktywny                   |
| przerwa w dozowaniu                           | potwierdzony i aktywny                   |
| zablokowany zawór EGR                         | potwierdzony i aktywny                   |
| awaria układu monitorującego                  | potwierdzony i aktywny                   |
| próg NO <sub>x</sub> w stosownych przypadkach | potwierdzony i aktywny                   |

- 2.2. System ostrzegania operatora wyłącza się po ustaleniu przez system diagnostyczny, że awaria, która doprowadziła do wystosowania ostrzeżenia, już nie występuje, lub po usunięciu za pomocą narzędzia skanującego odpowiednich informacji, w tym diagnostycznych kodów błędów związanych z błędami uzasadniającymi jego aktywowanie.

- 2.2.1 Wymagania, które należy spełnić, aby usunąć „informacje o kontroli NO<sub>x</sub>”

- 2.2.1.1. Usuwanie/przywracanie ustawień „informacji o kontroli NO<sub>x</sub>” za pomocą narzędzia skanującego

Na żądanie narzędzia skanującego następujące dane są usuwane z pamięci komputera lub przywracane do wartości określonych w niniejszym dodatku (zob. tabela 3).

Tabela 3

**Usuwanie/przywracanie ustawień „informacji o kontroli NO<sub>x</sub>” za pomocą narzędzia skanującego**

| Informacja o kontroli NO <sub>x</sub>  | Usuwalna | Możliwa do przywrócenia |
|--|----------|-------------------------|
| wszystkie DTC  | X        |                         |
| wartość licznika odpowiadająca największej liczbie godzin pracy silnika                  |          | X                       |
| liczba godzin pracy silnika ustalona w oparciu o informacje zebrane z licznika (-ów) NCD |          | X                       |

- 2.2.1.2. Informacje o kontroli NO<sub>x</sub> nie mogą zostać usunięte poprzez rozłączenie akumulatorów maszyny.

- 2.2.1.3. Usuwanie „informacji o kontroli NO<sub>x</sub>” jest możliwe wyłącznie w warunkach „wyłączonego silnika”.

- 2.2.1.4. Po usunięciu „informacji o kontroli NO<sub>x</sub>”, w tym DTC, nie można usunąć żadnego odczytu licznika powiązanego z tymi błędami i wymienionego w niniejszym załączniku; ustawienia takiego licznika można jedynie przywrócić do wartości określonej w odpowiednim punkcie niniejszego załącznika.

3. MECHANIZM AKTYWACJI I WYŁĄCZANIA SYSTEMU WYMUSZAJĄCEGO

- 3.1. System wymuszający aktywuje się, jeżeli system ostrzegania jest już uruchomiony, a licznik związany z typem NCM uzasadniającym jego aktywację osiąga wartość podaną w tabeli 4 niniejszego dodatku.

- 3.2. System wymuszający wyłącza się w momencie, gdy nie wykrywa już awarii uzasadniającej jego aktywację, lub gdy informacje, w tym diagnostyczne kody błędów związane z przypadkami nieprawidłowego funkcjonowania kontroli emisji NO<sub>x</sub> uzasadniającymi aktywację systemu zostaną skasowane za pomocą narzędzia skanującego lub konserwacyjnego.
- 3.3. Aktywacja lub wyłączenie systemu ostrzegania operatora lub, w stosownych przypadkach, systemu wymuszającego, musi odbywać się zgodnie z przepisami pkt 6 niniejszego załącznika po sprawdzeniu ilości reagentu w zbiorniku reagentu. W takim przypadku uruchomienie mechanizmów aktywacji lub wyłączenia nie może być uzależnione od statusu jakiegokolwiek powiązanego diagnostycznego kodu błędu.
4. MECHANIZM LICZNIKA
- 4.1. Przepisy ogólne
- 4.1.1. Aby system mógł zostać uznany za zgodny z wymaganiami niniejszego załącznika, musi być wyposażony w co najmniej 4 liczniki rejestrujące liczbę godzin pracy silnika przy jednoczesnym wykryciu przez system jednego z następujących błędów:
- niewłaściwej jakości reagentu;
  - przerwania dozowania reagentu;
  - blokady zaworu EGR;
  - błędu układu NCD określonego w pkt 9.1 lit. b) niniejszego załącznika.
- 4.1.1.1. Opcjonalnie producent może ustanowić jeden lub większą liczbę liczników dla błędów, o których mowa w pkt 4.1.1.
- 4.1.2. Każdy z liczników odlicza do maksymalnej wartości określonej w 2-bajtowym liczniku z rozdzielczością 1 godziny i zachowuje tę wartość, chyba że spełnione zostały warunki umożliwiające wyzerowanie licznika.
- 4.1.3. Producent może zastosować jeden lub większą liczbę liczników układu NCD. Pojedynczy licznik może kumulować liczbę godzin, w których mają miejsce 2 lub większa liczba awarii właściwych dla danego typu licznika, gdy żaden z tych przypadków nie utrzymuje się w czasie wskazywanym przez pojedynczy licznik.
- 4.1.3.1. Jeżeli producent stosuje więcej niż jeden licznik układu NCD, układ musi być w stanie przypisać dany licznik układowi monitorującego do każdej awarii uznanej za właściwą dla danego typu licznika zgodnie z niniejszym załącznikiem.
- 4.2. Zasada mechanizmu liczników
- 4.2.1. Każdy z liczników działa w następujący sposób:
- 4.2.1.1. Rozpoczynając od zera, licznik zaczyna liczyć natychmiast po wykryciu awarii właściwej dla danego licznika, w przypadku której odpowiadający jej diagnostyczny kod błędu został opatrzony statusem opisanym w tabeli 2.
- 4.2.1.2. W przypadku powtarzających się błędów zastosowanie ma jeden z poniższych przepisów, wedle uznania producenta:
- licznik zatrzymuje się i zachowuje bieżącą wartość, jeżeli wystąpi pojedyncze zdarzenie w trakcie monitorowania, a awaria, która pierwotnie doprowadziła do włączenia licznika, nie jest już wykrywana, bądź jeżeli błąd został usunięty za pomocą narzędzia skanującego lub konserwacyjnego. Jeżeli licznik zatrzymuje się w momencie, gdy system stanowiącego wymuszania jest aktywny, należy go zablokować na wartości określonej w tabeli 4 niniejszego dodatku lub na wartości wyższej lub równej wartości licznika dla stanowiącego wymuszenia pomniejszonej o 30 minut;
  - licznik zostaje zablokowany na wartości zdefiniowanej w tabeli 4 niniejszego dodatku lub na wartości wyższej lub równej wartości licznika dla stanowiącego wymuszenia pomniejszonej o 30 minut.
- 4.2.1.3. W przypadku pojedynczego licznika układu monitorującego licznik kontynuuje liczenie, jeżeli wykryto NCM właściwą dla danego licznika, a odpowiadający temu nieprawidłowemu funkcjonowaniu diagnostyczny kod błędu (DTC) ma status „potwierdzony i aktywny”. Licznik zatrzymuje się i zachowuje jedną z wartości określonych w pkt 4.2.1.2, jeżeli nie wykryto żadnej NCM uzasadniającej włączenie licznika, bądź jeżeli wszystkie błędy właściwe dla tego licznika zostały usunięte za pomocą narzędzia skanującego lub konserwacyjnego.

Tabela 4

**Liczniki i wymuszanie**

|                          | Status DTC powodujący pierwsze włączenie licznika | Wartość licznika dla wymuszenia niskiego poziomu | Wartość licznika dla stanowiącego wymuszenia | Zablokowana wartość przechowywana przez licznik      |
|--------------------------|---|--|--|--|
| Licznik jakości reagentu | potwierdzony i aktywny                            | ≤ 10 godzin                                      | ≤ 20 godzin                                  | ≥ 90 % wartości licznika dla stanowiącego wymuszenia |

|   | Status DTC powodujący pierwsze włączenie licznika | Wartość licznika dla wymuszenia niskiego poziomu | Wartość licznika dla stanowczego wymuszenia | Zablokowana wartość przechowywana przez licznik     |
|---|---|--|---|---|
| Licznik dozowania                             | potwierdzony i aktywny                            | ≤ 10 godzin                                      | ≤ 20 godzin                                 | ≥ 90 % wartości licznika dla stanowczego wymuszenia |
| Licznik zaworu EGR                            | potwierdzony i aktywny                            | ≤ 36 godzin                                      | ≤ 100 godzin                                | ≥ 95 % wartości licznika dla stanowczego wymuszenia |
| Licznik systemu monitorowania                 | potwierdzony i aktywny                            | ≤ 36 godzin                                      | ≤ 100 godzin                                | ≥ 95 % wartości licznika dla stanowczego wymuszenia |
| Próg NO <sub>x</sub> w stosownych przypadkach | potwierdzony i aktywny                            | ≤ 10 godzin                                      | ≤ 20 godzin                                 | ≥ 90 % wartości licznika dla stanowczego wymuszenia |

4.2.1.4. Po zablokowaniu licznik zostaje wyzerowany, jeżeli układy monitorujące właściwe dla tego licznika wykonały co najmniej raz pełny cykl monitorowania bez wykrycia awarii oraz jeżeli w ciągu 40 godzin pracy silnika od ostatniego zatrzymania licznika nie wykryto żadnej awarii właściwej dla takiego licznika (zob. rys. 4).

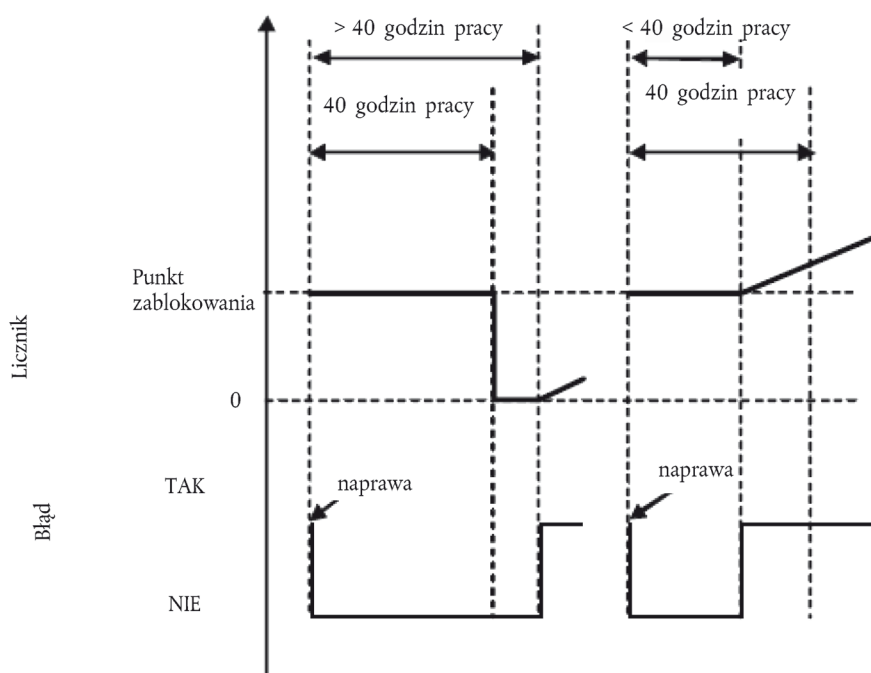
4.2.1.5. Licznik kontynuuje liczenie od punktu, w którym został zatrzymany, jeżeli w okresie, w którym licznik jest zablokowany, dojdzie do wykrycia awarii właściwej dla danego licznika (zob. rys. 4).

## 5. ILUSTRACJA MECHANIZMÓW AKTYWACJI I WYŁĄCZANIA ORAZ MECHANIZMÓW LICZNIKA

5.1. W niniejszym punkcie przedstawiono mechanizmy aktywacji i wyłączenia oraz mechanizmy licznika stosowane w niektórych typowych przypadkach. Rysunki i opisy przedstawione w pkt 5.2, 5.3 i 5.4 pełnią wyłącznie funkcje ilustracyjne w tym załączniku i nie należy traktować ich jako przykładowych sposobów spełniania wymagań niniejszego regulaminu ani jako wiążących twierdzeń dotyczących danych procesów. Naliczone godziny na rys. 6 i 7 odnoszą się do maksymalnych wartości stanowczego wymuszenia w tabeli 4. Na przykład dla uproszczenia na przedstawionych ilustracjach nie zaznaczono faktu, że system ostrzegania jest również aktywny, gdy jest aktywny system wymuszający.

Rysunek 4

**Ponowne włączenie i wyzerowanie licznika po okresie, w którym jego wartość była zablokowana**



- 5.2. Na rys. 5 przedstawiono działanie mechanizmów włączania i wyłączania podczas monitorowania dostępności reagentu w pięciu przypadkach:

przypadek użytkowania 1: pomimo ostrzeżenia operator kontynuuje użytkowanie maszyny do momentu jej zablokowania;

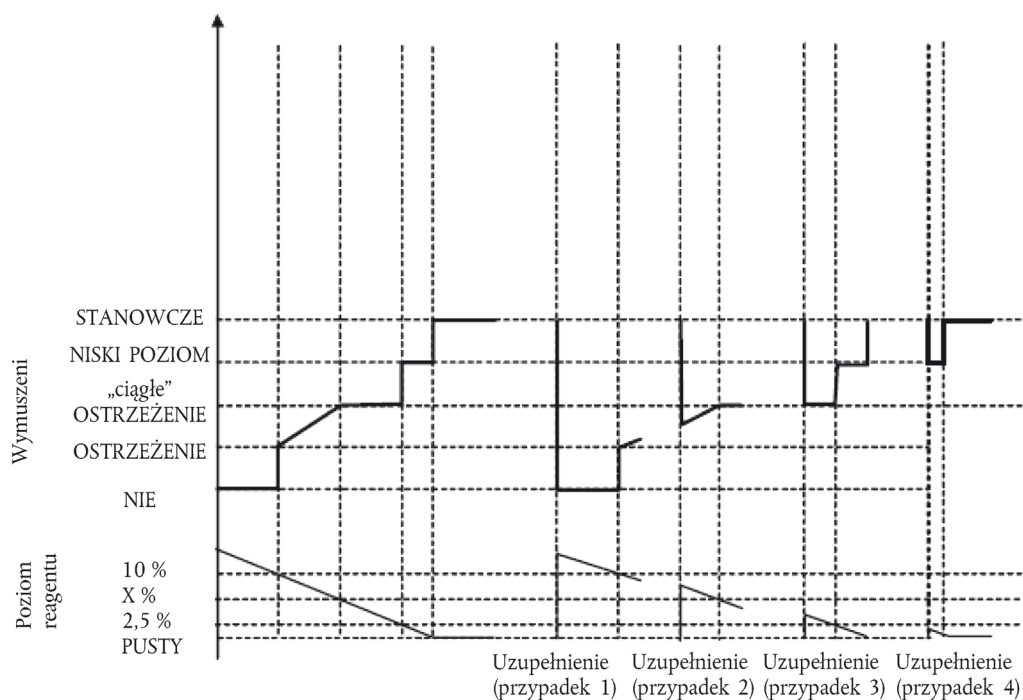
przypadek uzupełnienia 1 („odpowiednie” uzupełnienie): operator uzupełnia zawartość zbiornika reagentu w taki sposób, że osiągnięty zostaje poziom powyżej progu 10 %. Następuje wyłączenie systemu ostrzegania i systemu wymuszającego;

przypadki uzupełnienia 2 i 3 („nieodpowiednie” uzupełnienie): następuje włączenie systemu ostrzegania. Poziom ostrzegania zależy od ilości dostępnego reagentu;

przypadek uzupełnienia 4 („bardzo nieodpowiednie uzupełnienie”): natychmiastowa aktywacja systemu wymuszającego niskiego poziomu.

Rysunek 5

**Dostępność reagentu**



- 5.3. Na rys. 6 przedstawiono trzy przypadki zastosowania niewłaściwej jakości reagentu:

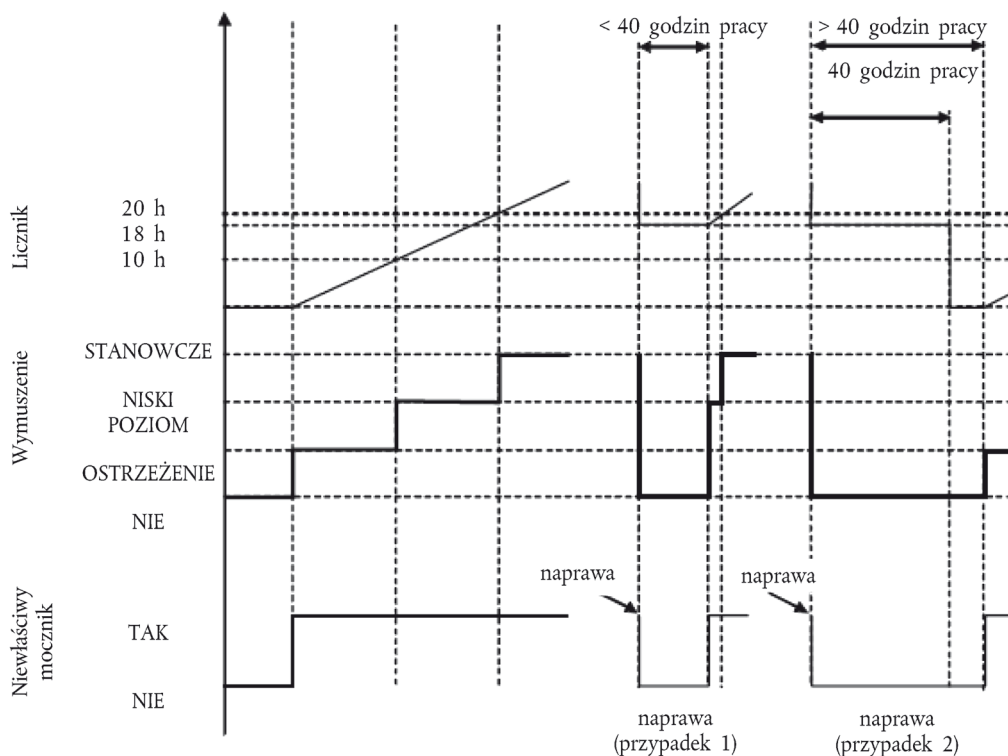
przypadek użytkowania 1: pomimo ostrzeżenia operator kontynuuje użytkowanie maszyny do momentu jej zablokowania;

przypadek naprawy 1 („nieprawidłowa” lub „nierzetelna” naprawa): po zablokowaniu działania maszyny operator zmienia reagent na reagent lepszej jakości, ale wkrótce potem zmienia go ponownie na reagent gorszej jakości. Następuje natychmiastowa ponowna aktywacja systemu wymuszającego, a działanie maszyny zostaje zablokowane po 2 godzinach pracy silnika.

przypadek naprawy 2 („prawidłowa” naprawa): po zablokowaniu działania maszyny operator poprawia jakość reagentu. Po pewnym czasie ponownie uzupełnia jednak zbiornik reagentem niskiej jakości. Procesy ostrzegania, wymuszania i liczenia rozpoczynają się ponownie od zera.

Rysunek 6

## Uzupełnienie reagentem niskiej jakości



- 5.4. Na rys. 7 przedstawiono trzy przypadki wystąpienia błędu układu dozowania mocznika. Zilustrowano na nim również procedurę mającą zastosowanie w przypadku wykrycia błędów monitorowania opisanych w pkt 9 niniejszego załącznika.

przypadek użytkowania 1: pomimo ostrzeżenia operator kontynuuje użytkowanie maszyny do momentu jej zablokowania;

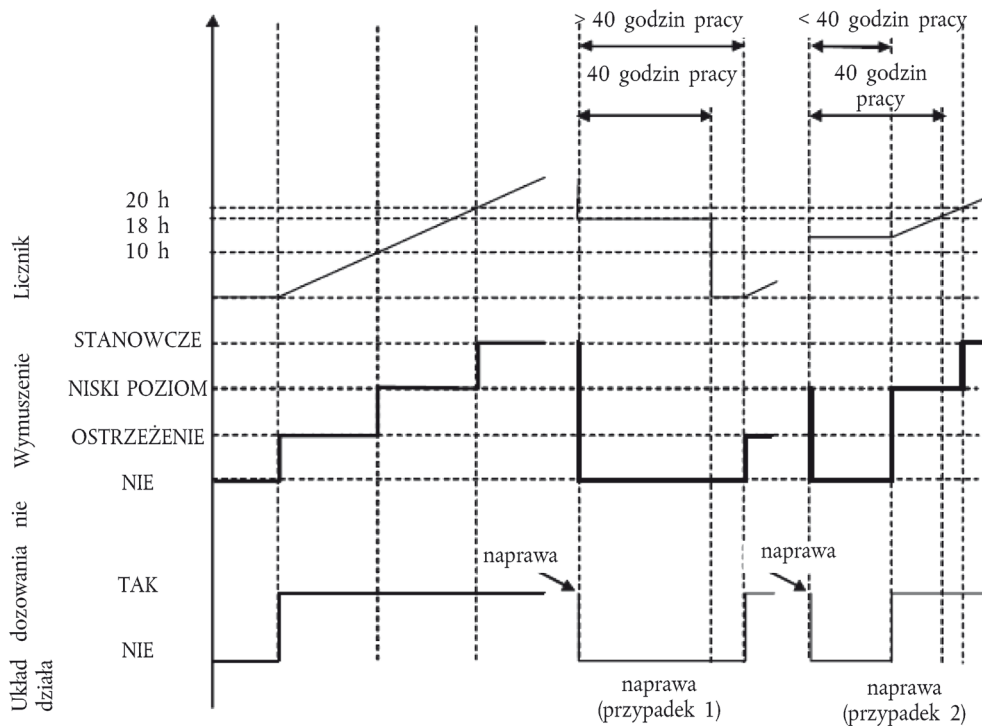
przypadek naprawy 1 („prawidłowa” naprawa): po zablokowaniu działania maszyny operator naprawia układ dozowania. Jednak po pewnym czasie błąd układu dozowania powtarza się. Procesy ostrzegania, wymuszania i liczenia rozpoczynają się ponownie od zera.

przypadek naprawy 2 („nieprawidłowa” naprawa): w czasie działania systemu wymuszającego niskiego poziomu (zmniejszenie momentu obrotowego) operator naprawia układ dozowania. Jednak wkrótce potem błąd układu dozowania powtarza się. Następuje natychmiastowa ponowna aktywacja systemu wymuszającego niskiego poziomu, a licznik ponownie rozpoczyna liczenie od wartości, którą wskazywał w czasie naprawy.



Rysunek 7

## Błąd układu dozowania reagentu



## Dodatek 3

Wykazanie minimalnego dopuszczalnego stężenia reagentu  $CD_{min}$ 

1. Podczas homologacji typu producent musi wykazać właściwą wartość  $CD_{min}$ , przeprowadzając cykl gorącego rozruchu NRTC z użyciem reagentu o stężeniu  $CD_{min}$ .
2. Badanie przeprowadza się po zakończeniu odpowiednich cykli NCD lub określonego przez producenta cyklu kondycjonowania wstępnego, co umożliwia układowi kontroli  $NO_x$  o zamkniętej pętli dostosowanie się do jakości reagentu o stężeniu  $CD_{min}$ .
3. Emisje zanieczyszczeń uzyskane w wyniku tego badania muszą być niższe niż próg  $NO_x$  określony w pkt 7.1.1 niniejszego załącznika.

## ZAŁĄCZNIK 10

OKREŚLANIE POZIOMU EMISJI CO<sub>2</sub>

## Dodatek 1

Określanie poziomu emisji CO<sub>2</sub> dla silników należących do zakresów mocy do P

## 1. WPROWADZENIE

- 1.1. W niniejszym dodatku określono przepisy i procedury badania w zakresie zgłaszania emisji CO<sub>2</sub> dla wszystkich silników należących do zakresów mocy do P. Jeżeli producent, na podstawie opcji wskazanej w pkt 5.2 niniejszego regulaminu, zdecyduje się zastosować procedurę opisaną w załączniku 4B, zastosowanie ma dodatek 2 do niniejszego załącznika.

## 2. WYMAGANIA OGÓLNE

- 2.1. Poziom emisji CO<sub>2</sub> określa się w ramach właściwego cyklu badania, o którym mowa w pkt 1.1 załącznika 4A, odpowiednio zgodnie z pkt 3 (NRSC) lub pkt 4 (NRTC w cyklu gorącego rozruchu) załącznika 4A do niniejszego regulaminu. W przypadku zakresów mocy od L do P poziom emisji CO<sub>2</sub> określa się w ramach badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu.
- 2.2. Wyniki badań zgłasza się jako wartości jednostkowe uśrednione dla cyklu, wyrażone w g/kWh.
- 2.3. Jeżeli, wedle uznania producenta, badanie NSRC jest przeprowadzane jako cykl ze zmianami jednostajnymi między fazami, zastosowanie mają odniesienia do badania NRTC podane w niniejszym dodatku bądź wymagania określone w dodatku 2 do niniejszego załącznika.

3. OKREŚLANIE POZIOMU EMISJI CO<sub>2</sub>

## 3.1. Pomiary w spalinach nierozcieńczonych

Przepisy niniejszego punktu stosuje się przy pomiarze zawartości CO<sub>2</sub> w spalinach nierozcieńczonych.

## 3.1.1. Pomiar

Pomiaru zawartości CO<sub>2</sub> w spalinach nierozcieńczonych emitowanych przez silnik przedstawiony do badania dokonuje się za pomocą niedyspersyjnego analizatora działającego na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego (NDIR), odpowiednio zgodnie z pkt 1.4.3.2 (NSRC) lub pkt 2.3.3.2 (NRTC) dodatku 1 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

Układ pomiarowy musi spełniać wymagania w zakresie liniowości określone w pkt 1.5 dodatku 2 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

Układ pomiarowy musi spełniać wymagania określone odpowiednio w pkt 1.4.1 (NSRC) lub pkt 2.3.1 (NRTC) dodatku 1 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

## 3.1.2. Ocena danych

Odpowiednie dane rejestruje się i przechowuje zgodnie z, odpowiednio, pkt 3.7.4 (NSRC) lub pkt 4.5.7.2 (NRTC) załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

## 3.1.3. Obliczanie emisji uśrednionej dla cyklu

Jeżeli pomiaru dokonuje się w stanie suchym, stosuje się korektę ze stanu suchego na mokry zgodnie z, odpowiednio, pkt 1.3.2 (NSRC) lub pkt 2.1.2.2 (NRTC) dodatku 3 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

W przypadku NRSC masę CO<sub>2</sub> (g/h) oblicza się dla każdej pojedynczej fazy cyklu badania zgodnie z pkt 1.3.4 dodatku 3 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu. Przepływy gazów spalinowych określa się zgodnie z pkt 1.2.1–1.2.5 dodatku 1 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

W przypadku NRTC masę CO<sub>2</sub> (g/badanie) oblicza się zgodnie z pkt 2.1.2.1 dodatku 3 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu. Przepływ gazów spalinowych określa się zgodnie z pkt 2.2.3 dodatku 1 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

### 3.2. Pomiar w spalinach rozcieńczonych

Przepisy niniejszego punktu stosuje się przy pomiarze zawartości CO<sub>2</sub> w spalinach rozcieńczonych.

#### 3.2.1. Pomiar

Pomiaru zawartości CO<sub>2</sub> w spalinach rozcieńczonych emitowanych przez silnik przedstawiony do badania dokonuje się za pomocą niedyspersyjnego analizatora działającego na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego (NDIR), odpowiednio zgodnie z pkt 1.4.3.2 (NSRC) lub pkt 2.3.3.2 (NRTC) dodatku 1 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu. Spaliny rozcieńcza się za pomocą przefiltrowanego powietrza otoczenia, powietrza syntetycznego lub azotu. Przepustowość układu pełnego przepływu musi być wystarczająco duża, aby całkowicie wyeliminować skraplanie się wody w układach rozcieńczania i pobierania próbek.

Układ pomiarowy musi spełniać wymagania w zakresie liniowości określone w pkt 1.5 dodatku 2 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

Układ pomiarowy musi spełniać wymagania określone odpowiednio w pkt 1.4.1 (NSRC) lub pkt 2.3.1 (NRTC) dodatku 1 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

#### 3.2.2. Ocena danych

Odpowiednie dane rejestruje się i przechowuje zgodnie z, odpowiednio, pkt 3.7.4 (NSRC) lub pkt 4.5.7.2 (NRTC) załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

#### 3.2.3. Obliczanie emisji uśrednionej dla cyklu

Jeżeli pomiaru dokonuje się w stanie suchym, stosuje się korektę ze stanu suchego na mokry zgodnie z, odpowiednio, pkt 1.3.2 (NSRC) lub pkt 2.1.2.2 (NRTC) dodatku 3 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

W przypadku NSRC masę CO<sub>2</sub> (g/h) oblicza się dla każdej pojedynczej fazy cyklu badania zgodnie z pkt 1.3.4 dodatku 3 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu. Przepływy rozcieńczonych gazów spalinowych określa się zgodnie z pkt 1.2.6 dodatku 1 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

W przypadku NRTC masę CO<sub>2</sub> (g/badanie) oblicza się zgodnie z pkt 2.2.3 dodatku 3 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu. Przepływ rozcieńczonych gazów spalinowych określa się zgodnie z pkt 2.2.1 dodatku 3 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

Korektę ze względu na tło stosuje się zgodnie z pkt 2.2.3.1.1 dodatku 3 do załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

### 3.3. Obliczanie emisji jednostkowych

#### 3.3.1. NRSC

Emisje jednostkowe  $e_{CO_2}$  (g/kWh) oblicza się w następujący sposób:

$$e_{CO_2} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (CO_{2mass,i} \times W_{F,i})}{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i \times W_{F,i})}$$

gdzie:

$$P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$$

oraz

CO<sub>2 mass,i</sub> oznacza masę CO<sub>2</sub> w pojedynczej fazie cyklu badania (g/h)

P<sub>m,i</sub> oznacza zmierzoną moc w pojedynczej fazie cyklu badania (kW)

P<sub>AE,i</sub> oznacza moc urządzeń dodatkowych w pojedynczej fazie cyklu badania (kW)

W<sub>F,i</sub> oznacza współczynnik wagowy pojedynczej fazy cyklu badania.

### 3.3.2. NRTC

Pracę w cyklu niezbędną do obliczenia emisji jednostkowych CO<sub>2</sub> oblicza się zgodnie z pkt 4.6.2 załącznika 4A do niniejszego regulaminu.

Emisje jednostkowe  $e_{\text{CO}_2}$  (g/kWh) oblicza się w następujący sposób:

$$e_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2, \text{hot}}}{W_{\text{act, hot}}}$$

gdzie:

$m_{\text{CO}_2, \text{hot}}$  oznacza emisje masowe CO<sub>2</sub> podczas badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu (g)

$W_{\text{act, hot}}$  oznacza rzeczywistą pracę w cyklu podczas badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu (kWh).

---

## Dodatek 2

### Określanie poziomu emisji CO<sub>2</sub> dla zakresów mocy Q i R

#### 1. WPROWADZENIE

W niniejszym dodatku określono przepisy i procedury badania w zakresie zgłaszania emisji CO<sub>2</sub> dla zakresów mocy od Q do R. Jeżeli producent, na podstawie opcji wskazanej w pkt 5.2 niniejszego regulaminu, zdecyduje się zastosować procedurę opisaną w załączniku 4B do niniejszego regulaminu, zastosowanie mają przepisy i procedury badania w zakresie zgłaszania emisji CO<sub>2</sub> określone w niniejszym dodatku 2.

#### 2. WYMAGANIA OGÓLNE

- 2.1. Poziom emisji CO<sub>2</sub> określa się w ramach badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu zgodnie z pkt 7.8.3 załącznika 4B.
- 2.2. Wyniki badań zgłasza się jako wartości jednostkowe uśrednione dla cyklu, wyrażone w g/kWh.

#### 3. OKREŚLANIE POZIOMU EMISJI CO<sub>2</sub>

##### 3.1. Pomiary w spalinach nierozcieńczonych

Przepisy niniejszego punktu stosuje się przy pomiarze zawartości CO<sub>2</sub> w spalinach nierozcieńczonych.

##### 3.1.1. Pomiar

Pomiaru zawartości CO<sub>2</sub> w spalinach nierozcieńczonych emitowanych przez silnik przedstawiony do badania dokonuje się za pomocą niedyspersyjnego analizatora działającego na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego (NDIR) zgodnie z pkt 9.4.6 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

Układ pomiarowy musi spełniać wymagania w zakresie liniowości określone w pkt 8.1.4 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

Układ pomiarowy musi spełniać wymagania określone w pkt 8.1.9 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

##### 3.1.2. Ocena danych

Odpowiednie dane rejestruje się i przechowuje zgodnie z pkt 7.8.3.2 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

##### 3.1.3. Obliczanie emisji uśrednionej dla cyklu

Jeżeli pomiaru dokonuje się w stanie suchym, przed przeprowadzeniem jakichkolwiek dalszych obliczeń do chwilowych wartości stężenia stosuje się korektę ze stanu suchego na mokry zgodnie z pkt A.8.2.2 dodatku 8 lub pkt A.7.3.2 dodatku 7 do załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

Masę CO<sub>2</sub> [g/badanie] oblicza się poprzez pomnożenie zestrojonych czasowo chwilowych stężeń CO<sub>2</sub> przez wartości przepływu spalin oraz całkowanie po cyklu badania zgodnie z jedną z poniższych liter:

a) pkt A.8.2.1.2 i pkt A.8.2.5 dodatku 8 do załącznika 4B, wykorzystując wartości  $u_{CO_2}$  przedstawione w tabeli A.8.1 lub obliczając wartości  $u$  zgodnie z pkt A.8.2.4.2 dodatku 8 do załącznika 4B niniejszego regulaminu;

b) pkt A.7.3.1 i pkt A.7.3.3 dodatku 7 do załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

### 3.2. Pomiar w spalinach rozcieńczonych

Przepisy niniejszego punktu stosuje się przy pomiarze zawartości  $CO_2$  w spalinach rozcieńczonych.

#### 3.2.1. Pomiar

Pomiaru zawartości  $CO_2$  w spalinach rozcieńczonych emitowanych przez silnik przedstawiony do badania dokonuje się za pomocą niedyspersyjnego analizatora działającego na zasadzie pochłaniania promieniowania podczerwonego (NDIR) zgodnie z pkt 9.4.6 załącznika 4B do niniejszego regulaminu. Spaliny rozcieńcza się za pomocą przefiltrowanego powietrza otoczenia, powietrza syntetycznego lub azotu. Przepustowość układu pełnego przepływu musi być wystarczająco duża, aby całkowicie wyeliminować skraplanie się wody w układach rozcieńczania i pobierania próbek.

Układ pomiarowy musi spełniać wymagania w zakresie liniowości określone w pkt 8.1.4 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

Układ pomiarowy musi spełniać wymagania określone w pkt 8.1.9 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

#### 3.2.2. Ocena danych

Odpowiednie dane rejestruje się i przechowuje zgodnie z pkt 7.8.3.2 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

#### 3.2.3. Obliczanie emisji uśrednionej dla cyklu

Jeżeli pomiaru dokonuje się w stanie suchym, przed przeprowadzeniem jakichkolwiek dalszych obliczeń do chwilowych wartości stężenia stosuje się korektę ze stanu suchego na mokry zgodnie z pkt A.8.3.2 dodatku 8 lub pkt A.7.4.2 dodatku 7 do załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

Masę  $CO_2$  (g/badanie) oblicza się, mnożąc stężenia  $CO_2$  i wartości przepływów rozcieńczonych gazów spalinyowych zgodnie z jedną z poniższych liter:

a) pkt A.8.3.1 i pkt A.8.3.4 dodatku 8 do załącznika 4B, wykorzystując wartości  $u_{CO_2}$  przedstawione w tabeli A.8.2 lub obliczając wartości  $u$  zgodnie z pkt A.8.3.3 dodatku 8 do załącznika 4B do niniejszego regulaminu;

b) pkt A.7.4.1 i pkt A.7.4.3 dodatku 7 do załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

Korektę ze względu na tło stosuje się zgodnie z pkt A.8.3.2.4 dodatku 8 lub pkt A.7.4.1 dodatku 8 do załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

### 3.3. Obliczanie emisji jednostkowych

Pracę w cyklu niezbędną do obliczenia emisji jednostkowych  $CO_2$  oblicza się zgodnie z pkt 7.8.3.4 załącznika 4B do niniejszego regulaminu.

Emisje jednostkowe  $e_{CO_2}$  (g/kWh) oblicza się w następujący sposób:

$$e_{CO_2} = \frac{m_{CO_2,hot}}{W_{act,hot}}$$

gdzie:

$m_{CO_2,hot}$  oznacza emisje masowe  $CO_2$  podczas badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu (g)

$W_{act,hot}$  oznacza rzeczywistą pracę w cyklu podczas badania NRTC w cyklu gorącego rozruchu (kWh).