

Arkadiusz GUŻDA, Norbert SZMOLKE

ROZKŁAD WYBRANYCH PARAMETRÓW POWIETRZA W HAMOWNI SAMOCHODOWEJ

W artykule scharakteryzowano pracę hamowni samochodowych omawiając szczegółowo ich rodzaje i przeznaczenie. Wskazano między innymi na warunki pracy w pomieszczeniach, w których znajdują się tego typu urządzenia diagnostyczne. Przedstawiono także podstawowe informacje o komforcie cieplnym, jaki należy stworzyć diagnostom realizującym swoje zadania w hamowni. Duży nacisk położono na omówienie szkodliwości występowania nadmiernego stężenia CO_2 w pomieszczeniach i jego wpływ na organizm ludzki.

W części eksperymentalnej zawarto informacje o zmierzonych parametrach powietrza wewnętrznego w hamowni, takich jak temperatura, wilgotność względna i stężenie dwutlenku węgla. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyciągnięcie wniosków z których wynika, że zaistniałe podczas pracy hamowni warunki powietrza w pomieszczeniu nie odbiegały znacząco od prawidłowych. Wskazano także na konieczność wykonania dalszych badań.

WSTĘP

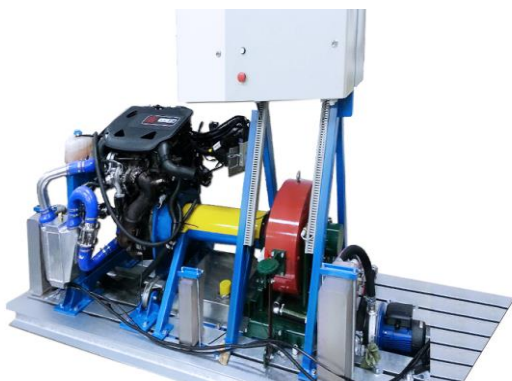
Hamownia samochodowa jest miejscem, w którym wykonywane są pomiary i badania związane z pozyskaniem informacji, potrzebnych do wyznaczenia charakterystyki osiągow silnika, takich jak [1]:

- moment obrotowy,
- prędkość obrotowa,
- zużycie paliwa (dla silników cieplnych),
- napięcie i natężenie prądu (dla silników elektrycznych),
- ciąg - dla silników rakietowych.

Hamownie dzieli się na dwie grupy: silnikowe i podwoziowe. W hamowniach silnikowych, badania przeprowadzone mogą być dopiero po demontażu silnika z pojazdu i montażu (wraz z osprzętem) na stanowisku badawczym. Stanowisko pomiarowe umożliwia dowolne obciążenie silnika i bardzo precyzyjny pomiar obrotów i momentu.

Istotną zaletą hamowni tego typu jest pomiar bezpośredni parametrów silnika, w tym również rzeczywisty moment obrotowy w prędkości obrotowej.

Wyznaczenie mocy silnika następuje z matematycznej zależności - jako iloczyn prędkości obrotowej silnika oraz jego momentu obrotowego. Na rysunku 1 przedstawiono przykład hamowni silnikowej.



Rys. 1. Przykład hamowni silnikowej [2]

W przypadku hamowni podwoziowych pomiar mocy i momentu obrotowego opiera się na wynikach pośrednich tj. poprzez moment obrotowy zmierzony na kołach oraz opory toczenia. Z uzyskanych wyników (sumy momentu oporów toczenia i momentu na kołach) określany jest moment obrotowy oraz, po przemnożeniu momentu obrotowego przez obroty - moc silnika.

Istotną zaletą tego typu hamowni jest możliwość bezpośredniego mierzenia parametrów silnika, bez konieczności jego demontażu z pojazdu. Co więcej, przy odpowiednio ustawionym oprzyrządowaniu dokładność pomiaru może być wysoka. Istotną jest także ich powtarzalność. Na rysunku 2 przedstawiono przykład hamowni samochodowej podwoziowej.



Rys. 2. Przykład hamowni podwoziowej firmy MAHA [3]

Hamownie pozwalają na symulację warunków zbliżonych do warunków normalnej jazdy; dotyczy to zarówno warunków ustalonych jak i niestabilnych. Dzięki takim właściwościom, możliwe jest przeprowadzenie cyklu badań bez względu na warunki panujące na zewnątrz i konieczności dojazdu do miejsc, w których takie badania będą mogły być przeprowadzone. Badania przeprowadzane na hamowni są w szczególności przydatne do diagnostyki pojazdów z silnikami spalinowymi; obecnie poza specjalistycznymi placówkami badawczymi, nie ma możliwości wymontowania silnika spalinowego w celu przebadania go na hamowni silnikowej.

Wymagania stawiane hamowni podwozowej uzależnione są od przeprowadzanych badań. Zazwyczaj we wszystkich typach można wyróżnić trzy podstawowe układy:

- układ jezdny,
- układ obciążający,
- układ sterująco-pomiarowy.

Do symulacji rzeczywistych warunków drogowych niezbędne jest zastosowanie wentylatorów, które mają za zadanie odpowiednie chłodzenie silnika (poprzez wymuszony przepływ przez chłodnicę powietrza). Wentylatory mogą być o stałej lub zmiennej wydajności; obecnie układy wentylatorów wyposażone są w odpowiednie systemy elektroniczne, które mają za zadanie symulację oporów ruchu oraz automatyczne programowanie przebiegu prób [4].

Ponadto wg [5] w pomieszczeniach pracy, w których wydzielają się substancje szkodliwe dla zdrowia, powinna być zapewniona taka wymiana powietrza, aby nie były przekraczane wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń tych substancji.

Odrębne rozporządzenie [6] dotyczące stacji diagnostycznej pojazdów, do której możemy zaliczyć hamownię, wymusza stosowanie miejscowych odciągów spalin.

1. WARUNKI KOMFORTU CIEPLNEGO ORAZ ODDZIAŁYWANIE DWUTLENKU WĘGLA

Hamownia samochodowa, jako miejsce pracy musi spełniać szereg wymagań zawartych w [5,6,7,8]. Jedną z bardziej istotnych rzeczy jest zachowanie prawidłowej wentylacji w pomieszczeniu, która gwarantuje utrzymywanie w nim odpowiedniego stężenia dwutlenku węgla, temperatury wewnętrznej oraz wilgotności względnej.

Wzrost ilości CO₂ w pomieszczeniu odbija się negatywnie na samopoczuciu osób w nim przebywających. Należy zatem zadbać, aby skład chemiczny powietrza nie różnił się istotnie od naturalnego (tabela 1).

Tab. 1. Skład suchego powietrza czystego

Gaz	% masy	% objętości
Azot	75,51	78,10
Tlen	23,01	20,93
Dwutlenek węgla	0,04	0,03
Inne gazy (argon, krypton, hel, ksenon, wodór, neon)	1,44	0,94

W polskich normach brak jest informacji nt. dopuszczalnych stężeń dwutlenku węgla w powietrzu wewnątrz pomieszczenia.

W celu określenia dopuszczalnego poziomu dwutlenku węgla często wykorzystuje się [9]:

- normy i zalecenia europejskie,
- normy amerykańskie (ASHRAE),
- zalecenia Światowej Organizacji Zdrowia (WHO).

W powyższych normach i zaleceniach określono, iż górny poziom stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniach stałego przebywania ludzi wynosi **1000 ppm** (ang. *parts per million* – liczba cząstek związku chemicznego na milion cząstek roztworu w którym się znajduje) [10].

W normach [11-12] zawarte są dopuszczalne wartości stężenia, których głównym źródłem dwutlenku węgla jest człowiek.

Poniżej przedstawione zostały wartości stężenia dwutlenku węgla i jego wpływu na człowieka [13]:

- 0,15 % - powietrze odczuwane jest jako nieświeże i duszne,
- 0,2 % - u osoby osłabionej, z chorobą układu oddechowego pojawia się kaszanie, zdarzają się przypadki zasłabnięcia lub omdlenia,

- 1 % - pojawia się przyspieszony oddech,
- 1,5 % - wdychanie powietrza przez dłuższy okres czasu powoduje tzw. stres metaboliczny (przyspieszony oddech wraz z zaburzeniami równowagi kwasowo-zasadowej krwi),
- 2 % - nasila się częstotliwość oddechu, zbyt długie przebywanie w środowisku powoduje m. in. bóle głowy,
- 2,5 % - u nurków występuje stan zamroczenia,
- 3-4 % - pojawiają się trudności w oddychaniu, występuje osłabienie słuchu, ból głowy, wzrost ciśnienia tętniczego krwi oraz przyspieszona akcja serca,
- 5 % - pojawiają się objawy: braku swobody w oddychaniu, dzwonienie w uszach, zaburzenia widzenia, woń dwutlenku węgla przybiera ostry zapach,
- 7-10 % - w przeciągu paru minut człowiek traci przytomność,
- 10 % - szybka utrata przytomności, stężenia uznawane jest jako śmiertelne dla człowieka.

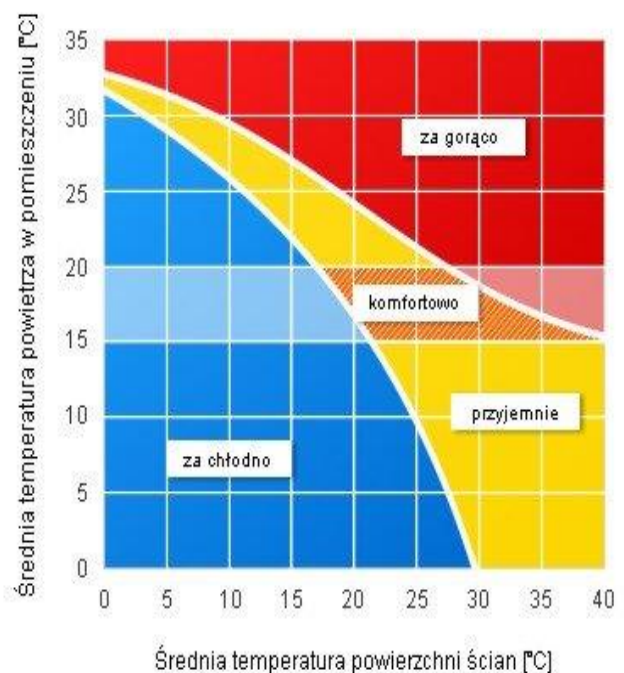
Oprócz stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniu hamowni, istotną rolę odgrywa spełnienie komfortu cieplnego.

Pod pojęciem komfortu cieplnego kryje się stan zrównoważonego bilansu cieplnego z otoczeniem (ciepło wytworzone przez organizm jest równe ciepłu traconemu do otoczenia) oraz braku odczuwania nadmiernego przegrzania lub ochłodzenia części ciała [10].

Parametry cieplno-wilgotnościowe gwarantujące odczucie komfortu cieplnego osobom przebywającym w pomieszczeniu, wynoszą [8]:

- temperatura powietrza w granicach 20-30°C,
- prędkość ruch powietrza w strefie przebywania ludzi w przedziale 0,15-0,2 m/s,
- wilgotność względna powietrza przy zalecanej temperaturze w przedziale 40-60% do 80%,
- średnia temperatura promieniowania cieplnego pomieszczenia utożsamiona z temperaturą zewnętrznych przegród budowlanych powinna być o 2-3 °C mniejsza niż temperatura otoczenia.

Na rysunku 3 przedstawiono wykres komfortu cieplnego w zależności od temperatury otoczenia i temperatury powierzchni przegród, otaczających człowieka w przestrzeniach zamkniętych.



Rys. 3. Wykres komfortu cieplnego [14]

2. BADANIA EKSPERYMENTALNE

2.1. Opis aparatury pomiarowej, warunków pomiaru i pomieszczenia hamowni

Badania temperatury wewnętrznej, wilgotności powietrza oraz stężenia dwutlenku węgla przeprowadzono w jednym z laboratoriów Politechniki Opolskiej, wykorzystywanym jako hamownia samochodowa.

Budynek wykonany jest w technologii tradycyjnej murowanej; ściany zewnętrzne wykonano z bloczków betonowych. Budynek posiada dwie ściany zewnętrzne. Brama wjazdowa segmentowa.

Budynek wyposażony jest w instalację wywiewną. Zanieczyszczone powietrze wywiewane jest poprzez ssawki odciągu miejscowego o średnicy 200 mm umieszczone nad rurą wydechową badanego pojazdu. Wywiew realizowany jest za pomocą wentylatora promieniowego.

Grawitacyjnie nawiewane powietrze świeże trafia do budynku poprzez kanały prostokątne i kratki nawiewne.

Pomiary wykonano za pomocą wielofunkcyjnego urządzenia pomiarowego Testo 435-4 (rysunek 4) wyposażonego w sondę IAQ służącą do pomiaru jakości powietrza w pomieszczeniach oraz stojak.

Na rysunku 5 przedstawiono zdjęcie stanowiska badawczego, na którym przeprowadzono pomiary parametrów powietrza.



Rys. 4. Urządzenie użyte do pomiarów parametrów powietrza

Dzień, w którym przeprowadzono pomiary był częściowo zachmurzony, prędkość wiatru wynosiła ok. 15 km/h, temperatura powietrza zewnętrznego wynosiła 9°C. Powietrze zewnętrzne charakteryzowała znaczna wilgotność względna, wynosząca 71% oraz stężenie dwutlenku węgla na poziomie 570 ppm.[15]. Pomiary wykonano w czasie 150 min. badań cykli jezdnych pojazdu w godzinach porannych.

Pomiary temperatury powietrza, wilgotności względnej i stężenia dwutlenku węgla, wykonywano na wysokości około 1,5 metra od poziomu posadzki.

Badanie pojazdu odbywało się w sześciu etapach:

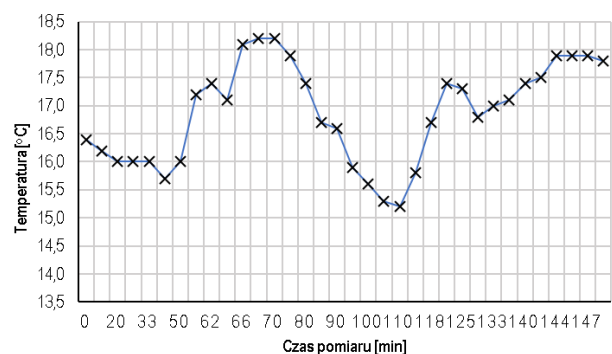
- etap 1 – przygotowanie pojazdu do badań przy wyłączonym wentylatorze wyciągowym – czas pomiaru od 0 do 40 minuty,
- etap 2 – badanie pojazdu, załączenie wentylatora wyciągowego do badań – od 40 do 68 minuty,
- etap 3 – przerwa pomiędzy cyklami przy wyłączonym wentylatorze wyciągowym – czas pomiaru od 70 do 105 minuty,
- etap 4 – badanie pojazdu, załączenie wentylatora wyciągowego do badań – od 110 do 121 minuty,
- etap 5 – przerwa pomiędzy cyklami przy włączonym wentylatorze wyciągowym – czas pomiaru od 125 do 130 minuty,
- etap 6 – badanie pojazdu, przy włączonym wentylatorze wyciągowym – od 133 do 150 minuty.



Rys. 5. Zdjęcie stanowiska badawczego

2.2. Wyniki pomiarów

Na poniższych rysunkach przedstawiono wyniki pomiarów przeprowadzonych podczas badania cykli jezdnych pojazdu w hamowni samochodowej. Na rys. 6 przedstawiono wartości temperatury wewnętrznej.

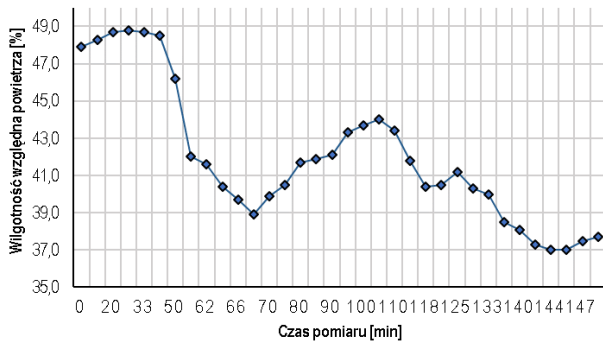


Rys. 6. Rozkład temperatury wewnętrznej powietrza

Temperatura powietrza podczas pracy hamowni była zmienna w czasie; do 70 minuty wzrastała, osiągając maksymalną wartość blisko 18,5 °C, następnie do 110 minuty malała do blisko 15,0°C, następnie wzrosła do blisko 18,0°C na końcu cyklu pomiarowego. Wzrost temperatury, powiązany jest bezpośrednio z etapami badań,

podczas których pojazd był uruchomiony, a więc z pracą wentylatora wyciągowego.

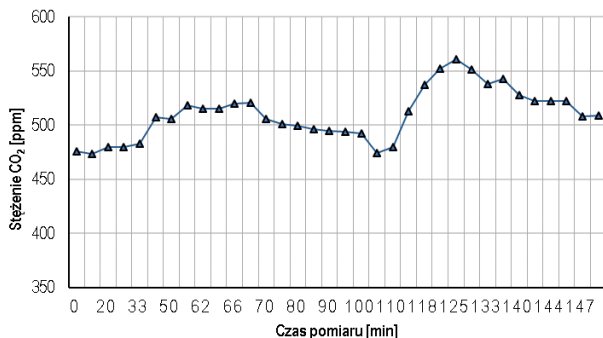
Kolejny wykres (rysunek 7) przedstawia rozkład wilgotności względnej w hamowni.



Rys. 7. Rozkład wilgotności względnej powietrza w punktach pomiarowych

W trakcie badań stwierdzono, iż wilgotność powietrza zmienia się. Osiągała wartości od 49 % do 36 %. Zanotowano jedynie nieznaczny wzrost podczas etapu 3 badań, co było związane z chwilową przerwą w działaniu hamowni. Należy zauważyć, że stosunkowo wilgotne powietrze zewnętrzne nie miało istotnego wpływu na zmianę wilgotności względnej powietrza w hamowni.

Kolejnym, mierzonym, parametrem powietrza w hamowni było stężenie CO₂. Wyniki pomiarów pokazano na rys.8.



Rys. 8. Stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniu hamowni, zmierzone w ustalonych punktach pomiarowych

Analizując wartości stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniu hamowni samochodowej, występujące podczas 150 minutowego cyklu pomiarowego stwierdza się, że wartości dopuszczalne [5] nie zostały przekroczone. Maksymalna wartość nie przekroczyła 560 ppm., co miało miejsce w piątym etapie pomiarów.

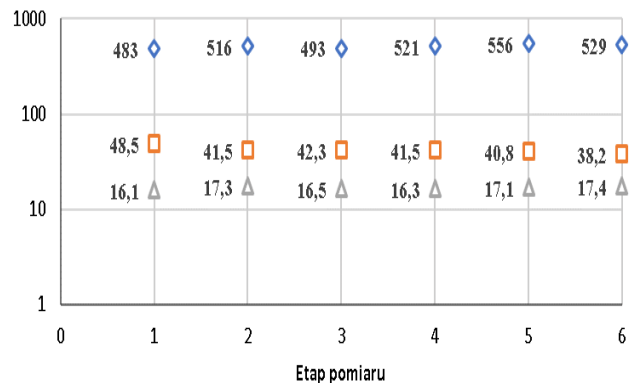
PODSUMOWANIE

Hamownia samochodowa jest stanowiskiem pomiarowym, pozwalającym na pozyskanie niezbędnych informacji o pracy i osiągnięciach silnika. Znajduje się najczęściej w pomieszczeniach zamkniętych, w których należy zapewnić odpowiedni komfort pracy.

W pracy zawarto wyniki pomiarów temperatury powietrza w pomieszczeniu hamowni samochodowej, jego wilgotności względnej oraz wartości stężenia dwutlenku węgla przeprowadzonych w celu poznania warunków pracy diagnosty, wykonującego swoją pracę w takim pomieszczeniu.

Na rysunku 9 przedstawiono średnie wartości z wyników pomiarów, otrzymanych podczas badań.

Ich analiza pozwala na stwierdzenie, że zaistniałe podczas pracy hamowni warunki powietrza w pomieszczeniu nie odbiegały znacząco od poprawnych. Obniżająca się temperatura we wnętrzu nie powodowała dyskomfortu pracownikom, obsługującym urządzenia hamowni.



- ◆ Średnie stężenie CO₂ [ppm]
- Średnia wilgotność względna powietrza [%]
- △ Temperatura średnia [°C]

Rys. 9. Uśrednione parametry powietrza dla danego etapu pomiaru

Wilgotność względna powietrza, przy niewielkich wahnięciach, malała w czasie trwania pomiarów od wartości 49 % do 37 %.

Stężenie dwutlenku utrzymywało się na w miarę stabilnym poziomie, od wartości około 470 ppm na początku do 510 ppm na końcu pomiaru. Podczas badania **nie zanotowano** przekroczenia dopuszczalnych wartości stężeń dwutlenku węgla w pomieszczeniu pracy, zalecanego przez [5].

Należy wyraźnie zaznaczyć, że osiągnięte wyniki są mocno uzależnione od etapu badań, realizowanych w hamowni, a dokładniej od stanu pracy wentylatora wyciągowego.

Ze względu na bardziej szczegółowe poznanie komfortu pracy w hamowni samochodowej pomiary charakterystycznych parametrów powietrza powinny być kontynuowane.

BIBLIOGRAFIA

- <http://vtechdyno.pl/jak-dziala-hamownia-podwoziowa.html>, dostęp w dniu 25.03.2017r.
- <http://www.automex.pl/>, dostęp w dniu 25.03.2017r.
- <http://www.maha.pl/>,dostęp w dniu 25.03.2017r.
- Kołodziej E., Skrzyniowski A., Badania diagnostyczne samochodów na hamowni podwoziowej Autodyn 30, „Czasopismo techniczne Mechanika” 5-M 2012 z.10
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2014 poz. 817).
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 10 lutego 2006 r. w sprawie szczegółowych wymagań w stosunku do stacji przeprowadzających badania techniczne pojazdów (Dz.U. 2006 nr 40 poz. 275)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami).
- PN-83/B-03430 (wraz ze zmianą A3:2000) – Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.

9. Skwarczyński M., Dumala S., Wpływ liczby użytkowników na rozkład stężenia dwutlenku węgla w sali audytorijnej, "Instal" 2012, nr 12.
10. Guźda A., Szmolke N., *Przykład rozkładu parametrów powietrza w autobusie komunikacji miejskiej* „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2016, nr 6.
11. CEN CR 1752, Ventilation for Buildings, Design Criteria for the Indoor Environment, European Committee for Standardization, 1998.
12. ASHRAE Standard 62-2001, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
13. Kaiser K., Tlenek i dwutlenek węgla w pomieszczeniach, "Rynek Instalacyjny" 2010, nr 9.
14. <http://www.ogrzewaniescienne.com.pl/>, dostęp w dniu 25.03.2017r.
15. <http://freemeteo.pl/>, dostęp w dniu 25.03.2017r.

Variability of selected air parameters in the premises containing a car dynamometer

The paper discusses the operation of a car dynamometer and includes details of its types and the designated use. Among other things, the conditions of operation in the prem-

ises containing diagnostic devices are indicated. The basic information about the thermal comfort, which needs to be secured for the work of diagnosticians performing their duties in the premises containing a dynamometer. An emphasis is placed on the discussion of the hazard posed by the excessive CO₂ concentrations in the premises and its effects on the human body.

The experimental part of the paper contains information regarding the measured parameters of internal air in the rooms containing a dynamometer, such as temperature, relative humidity and carbon dioxide concentration. The results enabled the statement of the conclusions which indicate that the ambient air conditions in the premises do not differ significantly from the acceptable results. The need to conduct further studies is also indicated.

Autorzy:

mgr inż. **Arkadiusz Guźda** – Politechnika Opolska w Opolu, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Środowiska, email: a.guzda@doktorant.po.edu.pl

dr hab. inż. **Norbert Szmolke**, prof. PO – Politechnika Opolska w Opolu, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Środowiska, email: n.szmolke@po.opole.pl