

Praca dyplomowa inżynierska

Wykorzystanie metod CFD do wyznaczenia zmian rozkładu stężenia stałych zanieczyszczeń atmosferycznych



Autor: Robert Bitner

Nr albumu: 277500

Promotor: prof. dr hab. Inż. Arkadiusz Moskal
Opiekun pomocniczy: mgr inż. Agnieszka Fus

Rok akademicki: 2018/2019

Modelowanie układu oraz

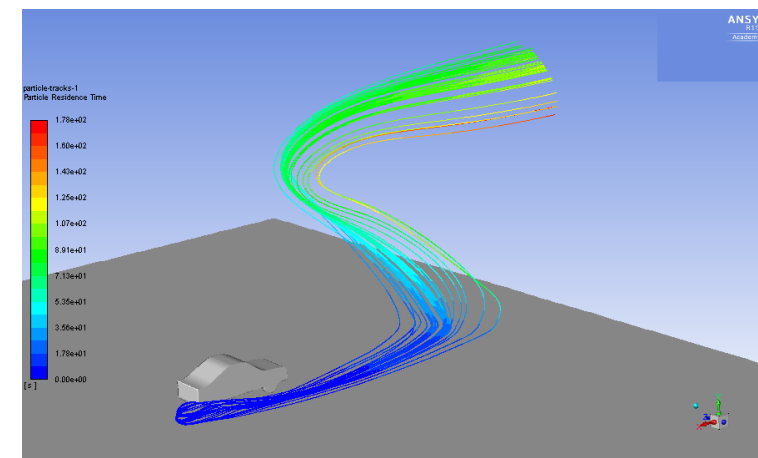
Projektowany model stanowi samochód osobowy wraz z rurą wydechową, której wylot jest źródłem emisji cząstek do powietrza. Zamodelowana geometria odpowiada wymiarom Volkswagena Passata. Rura wydechowa ma średnicę $d=50$ mm co odpowiada standardowemu wydechowi o średnicy 2". Model samochodu otaczają prostopadłościany, które odpowiadają wycinkowi części atmosfery otaczającej pojazd w ruchu miejskim. Powierzchnia otaczająca pojazd ma wymiary $45,5 \times 38,8$ m oraz wysokość 30 m. Zastosowanie domeny o takim rozmiarze pozwoli na zaobserwowanie stopnia zmian stężenia stałych zanieczyszczeń atmosferycznych, przy jednoczesnym monitorowaniu całej trajektorii ruchu cząstek. Projektowany model samochodu nie jest idealną kopią samochodu wzorcowego. Narysowanie tak prostego modelu wzorowanego na realnych wymiarach, opartego na prostych figurach geometrycznych pozwoliło na stworzenie nieskomplikowanej siatki obliczeniowej o zadowalającej jakości oraz znacznie skraca czas obliczeń..

Wprowadzenie

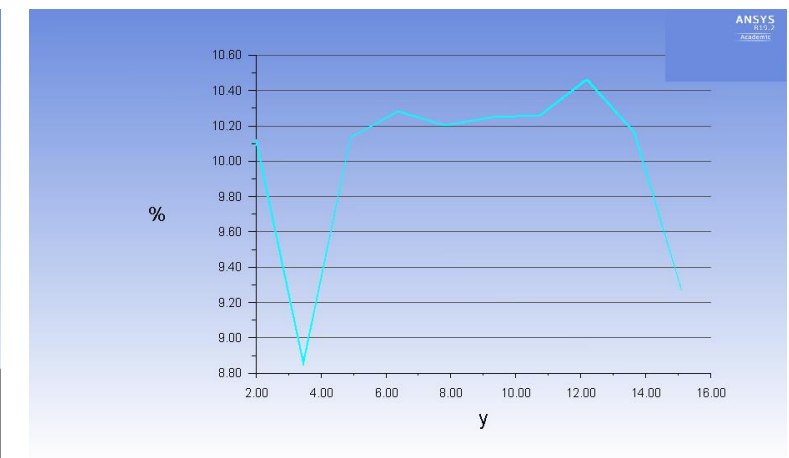
Problem smogu oraz zanieczyszczeń powietrza w ostatnich latach coraz częściej pojawia się jako główny temat dyskusji o ochronie środowiska. Nasilająca się eksploatacja naszej planety wymaga od nas pogłębiania świadomości obywateli o wpływie każdej jednostki na otoczenie. Zanieczyszczenia wpływają na zdrowie ludzi i mogą powodować wiele chorób, do a nawet prowadzić do zgonu. W Polsce co roku z powodu chorób układu oddechowego, wywołanych przez zanieczyszczenie powietrza, przedwcześnie umiera około 40 000 osób. Często przytaczane jest porównanie do statystyk wypadków drogowych w których w ciągu roku ginie ok. 3 000 osób. Wiele osób oraz zespołów badawczych pochyla się nad tym problemem i próbuje opracować metody pozwalające ograniczyć emisję zanieczyszczeń a także zapobiegać gromadzeniu się ich na pewnym obszarze, powodując powstawanie smogu. Z pomocą przychodzi wiele metod, którymi współcześni badacze mogą się posłużyć. Jednym z nich jest obliczeniowa mechanika płynów (ang. CFD).

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest wyznaczenie zmian rozkładu stężenia stałych zanieczyszczeń atmosferycznych. Narzędziem do jego wyznaczenia była obliczeniowa mechanika płynów. Praca obejmuje zamodelowanie układu, o rozmiarach pozwalających na poprawne zaobserwowanie trajektorii ruchu cząstek. Nałożenie na powstały układ siatki obliczeniowej. Stworzenie kilku siatek o różnej liczbie elementów a następnie porównanie wyników symulacji w celu uniezależnienia wyników obliczeń od siatki. Wyznaczenie objętości spalin powstających ze spalania paliwa samochodowego. Oszacowanie strumienia masowego cząstek stałych na podstawie danych literaturowych oraz własnych obliczeń. Implementacja DPM (Discrete Phase Model). Prowadzenie obliczeń iteracyjnych a następnie analiza wyników. Analiza rozkładu cząstek w zależności od wysokości od podłoża.



Rys. 1. Trajektoria cząstek dla $T=-20^{\circ}\text{C}$, $v=14,28\text{m/s}$



Rys. 2. Wykres częstości występowania cząstek w zależności od wysokości

Prowadzenie symulacji

Symulacje prowadzono dla 9 przypadków. Przebadano po 3 różne temperatury oraz prędkości wylotowe gazów a następnie zamodelowano możliwe przypadki. Dla przeprowadzonych symulacji konieczne jest wprowadzenie cząstek stałych do układu. W tym celu skorzystano z modelu DPM. Zakres średnic cząstek w modelowanym układzie wynosił od 10^{-7} m do 10^{-6} m. strumień masowy zanieczyszczeń w modelowanym układzie wynosił $0,208 \cdot 10^{-7}$ [kg/s].

Wnioski

Na rysunkach przedstawiających trajektorię cząstek wyraźnie widać, że wszystkie cząstki są porywane przez wiatr. Cząstki nie unoszą się w atmosferze ani nie następuje konwekcyjne unoszenie ich. Dla małych prędkości wylotowych zmiana rozkładu stężeń zawiera się na wysokości od 2 do 3 metrów. Istotnym wnioskiem wynikającym z powyższych obliczeń jest to, że w większości obliczonych, przypadków zanieczyszczenia opuszczające samochody zawieszono jest na takiej wysokości, na której oddychają też ludzie stojący np. na przystanku przy ruchliwej ulicy.