

Paliwa ciekłe są powszechnie wykorzystywane we wszystkich typach silników (samochody, samoloty, statki) i urządzeń przemysłowych (kotły, palniki, komory spalania itp.) i dlatego ich wykorzystanie stanowi bardzo ważny obszar badań zarówno w instytucjach akademickich jak i przemysłowych. Obecnie modele obliczeniowe (tj. opisy matematyczne bazujące na formułach i równaniach) stosowane w symulacjach procesu spalania w silnikach benzynowych, Diesla oraz turbinach gazowych są znacznie ograniczone w skutek tylko przybliżonej znajomości fizyki analizowanych zagadnień. Studia literaturowe pokazują, że sytuacja taka ma miejsce szczególnie w analizie zjawisk zapłonu i wygaszenia płomienia. Pierwsze z nich jest wyjątkowo ważne w zagadnieniach bezpieczeństwa w lotnictwie (zapłon paliwa i start silnika na wysokościach przelotowych), wysoko-efektywnym przemysłowym wykorzystaniu paliw kopalnych (na przykład w stacjonarnych silnikach tłokowych) czy też w zagadnieniach optymalizacji silników Diesla o zapłonie samoczynnym. Zjawisko wygaszenia płomienia jest z kolei ważne w silnikach tłokowych w małej skali oraz w nisko-emisyjnych turbinach gazowych.

Celem niniejszego projektu jest analiza silnie niestacjonarnych zjawisk w turbulentnym przepływie dwufazowym (gaz-ciecz). Badania skupią się na zapłonie wymuszonym (iskra), samozapłonie oraz wygaszeniu, zjawiskach, których niewystarczająca znajomość ogranicza możliwości konstrukcji nisko-emisyjnych i bezpiecznych urządzeń technicznych. Szczególna uwaga poświęcona będzie generacji płomienia i jego propagacji, które są kluczowe z punktu widzenia niezawodności spalania, jego czystości i efektywności.

Proces spalania w przepływach dwufazowych obejmuje nieliniowe oddziaływania pomiędzy turbulentnymi fazami gazów i kroplami odparowującego paliwa w obecności reakcji chemicznych. Eksperymentalna analiza tych procesów, chociaż możliwa, jest wyjątkowo trudna i kosztowna, gdy wymaga stosowania bardzo zaawansowanej aparatury pomiarowej. Z drugiej strony, powszechne jest przekonanie, że dostępne narzędzia obliczeniowe umożliwiają analizę procesów spalania w stosunkowo krótkim czasie z zadowalającą dokładnością. Badania wykonywane w ramach projektu będą bazowały na zastosowaniu metod bezpośrednio symulacji numerycznej (DNS - Direct Numerical Simulation) oraz metody symulacji wielkich wirów (LES - Large Eddy Simulation) w połączeniu z dwoma modelami spalania, tj. modelem warunkowych momentów statystycznych (CMC - Conditional Moment Closure) oraz modelem stochastycznych pól eulerowskich (Eulerian field PDF (Probability Density Function)). W przeszłości wykazano, że modele te najlepiej nadają się do modelowania trudnych, nieliniowych interakcji pomiędzy kinetyką procesu spalania, turbulencją i przemianami fazowymi. Obecnie badania DNS są stosowane głównie na poziomie badań podstawowych, podczas gdy metoda LES jest coraz częściej stosowana w badaniach rozwojowych w wielu gałęziach przemysłu.

Ze względu na bardzo duży stopień skomplikowania silnie niestacjonarnych procesów zapłonu i rozwijania się płomienia wiele ważnych pytań dotyczących ich przebiegu wciąż pozostaje bez odpowiedzi. Precyzyjne symulacje numeryczne z wykorzystaniem zaawansowanych modeli spalania umożliwiłoby bardzo głęboki wgląd w fizykę tych zjawisk. Kluczowym efektem projektu będzie lepsze zrozumienie mechanizmu zapłonu, którego poznanie dotychczas było ograniczone niewystarczającymi mocami obliczeniowymi i brakiem wystarczająco dokładnych narzędzi numerycznych. Zasadnicze zadania realizowane w projekcie to:

- pogłębienie wiedzy na temat procesów towarzyszących procesowi zapłonu i wygaszenia, czyli zjawisk warunkujących cich nowoczesne, efektywne i czyste wykorzystanie paliw;
- weryfikacja i rozwinięcie modeli spalania w przepływach dwufazowych, aby inżynierowie mieli dostęp do lepszych narzędzi obliczeniowych, dzięki czemu ich praca będzie bardziej innowacyjna i efektywniejsza niż obecnie.