

Popularnonaukowy opis prowadzonych badań

Paliwa płynne są powszechnie wykorzystywane w silnikach samochodowych, okrętowych, samolotowych oraz w urządzeniach przemysłowych jak np. palniki, komory spalania itp. Analiza procesów spalania stanowi dynamicznie rozwijany obszar badawczy zarówno przez ośrodki naukowe jak i przemysłowe. Postęp w tej dziedzinie wynika z rosnącego zapotrzebowania na oszczędniejsze i bezpieczniejsze sposoby energetycznego przetwarzania paliw. Jednakże analiza procesu spalania jest bardzo złożona zarówno z perspektywy opisu teoretycznego jak i badań eksperymentalnych. Na złożoność zagadnienia wpływają wzajemnie powiązane występujące jednocześnie, szybkozmiennie oraz nieliniowe zjawiska fizyczne w szerokim zakresie skal czasowo-przestrzennych. Do zjawisk towarzyszących spalaniu należą m. in.: atomizacja lub koalescencja, dyspersja i odparowanie kropel paliwa, transport par paliwa w procesie dyfuzji i adwekcji oraz zmieszanie z utleniaczem, utworzenie mieszaniny palnej, zachodzenie egzotermicznych reakcji chemicznych. Ponieważ analiza procesu spalania jest skomplikowana to badania będą prowadzone w wyidealizowanych konfiguracjach przepływowych tj. czasowa strefa zmieszania i turbulentna struga w gorącym współprzepływie. Spodziewane jest, że takie podejście pozwoli na ogólniejszą charakterystykę omawianych procesów. W efekcie przyczyni się do tego, że wyciągnięte wnioski będą adekwatne dla szerszej klasy przypadków i konfiguracji przy założeniu, że fundamentalne procesy zachodzące w małych skalach są podobne i niezależne od przyjętej geometrii układu. Literatura przedmiotu wskazuje na to, że zaproponowana problematyka badawcza pozostawia wiele otwartych pytań. Proces spalania nie jest w pełni kontrolowalny i ma to poważne konsekwencje dla pracy wielu urządzeń.

Celem projektu będzie przeprowadzenie badań, analiza i ocena wpływu zjawisk fizycznych występujących w przepływie turbulentnym na proces spalania w układach dwufazowych przy wykorzystaniu metod numerycznej mechaniki płynów i akademickiego programu obliczeniowego. Podstawowym narzędziem badawczym będzie metoda LES (Large Eddy Simulation) na której bazuje program obliczeniowy SAILOR umożliwiający przeprowadzenie tego typu symulacji. Będą one wykonywane na komputerach dużej mocy należących do infrastruktury PL-Grid. W szczególności, badania będą skupiały się na symulacji zagadnień rozpoczynających się od momentu atomizacji i dyspersji paliwa ciekłego występującego w przepływie utleniacza do kolejno następujących po sobie procesów fizycznych prowadzących do zainicjowania i propagacji płomienia. Zapłon lub wygaszenie są zjawiskami zachodzącymi lokalnie w obrębie małych skal przepływu jednakże na proces spalania mają również wpływ duże skale - stąd wybór metody LES w badaniach. W tej metodzie, duże skale przepływu rozwiązywane są bezpośrednio z równań Naviera-Stokesa a małe, bardziej izotropowe skale są modelowane. Obecnie dostępne modele spalania, których zadaniem jest połączenie interakcji pola przepływu i płomienia, dobrze odwzorowują fizykę procesu spalania. Z tego względu symulacje numeryczne przyczyniają się do lepszego poznania natury tych zjawisk. Modele i metody numeryczne zostały zweryfikowane w symulacjach przepływów jednofazowych ze spalaniem. Natomiast brakuje wystarczającej liczby przykładów ich zachowania w symulacjach przepływów, w których spalanie następuje w obecności spraju paliwa. Dotychczasowe badania wskazują, że uwzględnienie obecności paliwa w postaci kropel powoduje różnice jakościowe i ilościowe w procesach zapłonu i propagacji płomienia w porównaniu ze spalaniem w gazach. Próba wyjaśnienia fizycznych podstaw tych różnic stanowi zasadniczą problematykę podejmowaną w projekcie. W pracy zostanie przeanalizowany również wpływ aspektów fizykalnych (wpływ pola przepływu, charakterystyka spraju, schematu reakcji chemicznych) oraz aspektów numerycznych (modele odparowania, spalania, dyskretyzacja) na proces spalania.