

## **Cele projektu**

Celem projektu jest analiza fizyki procesu spalania w płomieniach turbulentnych stabilizowanych za pomocą ciał nieoptywowych (ang. bluff-bodies) oraz opracowanie skutecznej pasywnej/aktywnej metody kontroli przepływu w celu optymalizacji dynamiki płomieni. Stabilizację płomieni za pomocą ciał nieoptywowych stosuje się powszechnie w układach doprowadzających paliwo i utleniacz w większości komór spalania. Jej zadaniem jest kontrola kształtu i położenia płomienia. Zadania projektu skupiają się na wnikliwym poznaniu procesu mieszania oraz jego wzmocnienia/tłumienia poprzez intensyfikację oddziaływań pomiędzy dużymi oraz małymi skalami przepływu. Zjawiska te wciąż nie są w pełni poznane i obecnie ograniczają rozwój niskoemisyjnych i bezpiecznych urządzeń przemysłowych (układy wtryskowe w komorach spalania, palnikach, silnikach, kotłach, etc.). Szczególna uwaga zostanie zwrócona na: (i) sterowanie kształtem wewnętrznej i zewnętrznej strefy recyrkulacji powstałej w śladzie za ciałem nieoptywowym; (ii) dynamikę i stabilność płomienia; (iii) redukcję zanieczyszczeń; (iv) silnie niestacjonarne zjawiska takie jak zapłon oraz propagacja lub wygaszenie płomienia, czynniki kluczowe z punktu widzenia bezpieczeństwa, niezawodności, czystości środowiska oraz wydajności. Główną nowością projektu jest połączenie i jednoczesne zastosowanie pasywnych i aktywnych metod kontroli płomienia, co pozwoli na zmianę lokalnych i globalnych charakterystyk procesu mieszania. Kluczowym rezultatem projektu będzie lepsze zrozumienie mechanizmów turbulentnego mieszania i spalania w śladzie za ciałem nieoptywowym oraz informacja, jak procesy te można zoptymalizować, np. podtrzymać, zintensyfikować lub przytłumić. Szczegółowe cele niniejszego projektu są następujące:

- Pogłębienie wiedzy na temat procesów mieszania paliwa i utleniacza oraz zjawisk, które mają istotne znaczenie dla rozwoju nowatorskich, wydajnych i przyjaznych środowisku zastosowań paliw kopalnych (zapłon, wygaszenie, propagacja płomienia oraz mechanizm jego stabilizacji poprzez samozapłon lub propagację).
- Opracowanie i weryfikacja pasywnych/aktywnych narzędzi optymalizacji, które umożliwią efektywne wykorzystanie wzajemnych interakcji między skalami przepływu/płomienia w całym spektrum energii.

## **Metodyka badań**

W projekcie wykorzystywane będą zarówno pasywne i aktywne techniki sterowania przepływem, które zostaną zastosowane zarówno oddzielnie, jak i obie jednocześnie. Te pierwsze polegać będą na dostosowaniu kształtu ciał nieoptywowych oraz zmianie topologii ich ścian. Przeprowadzone dotychczas badania pokazują, że niereaktywne przepływy wypływające z kanałów o nieregularnym kształcie, ostrych krawędziach bądź płynące wzdłuż falistych powierzchni charakteryzują się doskonałymi właściwościami z punktu widzenia mieszania. W ramach projektu sprawdzimy w jakim stopniu dotyczy to przepływów reaktywnych. Poza pogłębieniem wiedzy na temat płomieni turbulentnych znajdujących się za ciałami nieoptywowymi będziemy poszukiwać ich preferowanych kształtów dla różnych parametrów paliwa i utleniacza (prędkość, skład, temperatury) w zależności od przyjętego kryterium optymalizacji (np. maksymalna/minimalna wysokość odsunięcia płomienia, maksymalna/minimalna powierzchnia płomienia, najbardziej jednorodny rozkład temperatur, itp.). Pod kątem lepszej kontroli płomienia w różnych warunkach przepływu, aktywne metody sterowania wydają się znacznie bardziej elastyczne. Zakładają one bowiem dostarczenie energii z zewnątrz (wzbudzenie), której rodzaj i poziom można ustalić z góry lub zmieniać go w zależności od zachowania przepływu (podejście interaktywne). W projekcie aktywne sterowanie uzyskane będzie poprzez modulowane wzbudzenie wprowadzone do przepływu poprzez wymuszenie osiowe i osiowe + helikalne (azymutalne). Badania zostaną przeprowadzone z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi CFD (kod SAILOR oraz metody LES i DNS) oraz uzupełnione będą analizy eksperymentalne. Prace te przeprowadzone zostaną na istniejącym stanowisku wyposażonym w system do aktywnej modulacji przepływu i termooanemometryczny układ pomiarowy umożliwiającym analizę przepływu wokół skomplikowanych ciał nieoptywowych.

## **Przewidywany wpływ projektu badawczego na rozwój nauki**

W przypadku sterowania silnie niestacjonarnymi procesami spalania (np. stabilizacja płomienia, propagacja, samozapłon oraz zapłon iskrowy) należy zdać sobie sprawę, że są one pośrednio, ale w dużej mierze zależne od procesu mieszania. Samozapłon, rozprzestrzenianie się płomienia i jego stabilizacja są uwarunkowane mieszaniami paliwa i utleniacza w obszarach o wysokiej temperaturze, natomiast zapłon iskrowy zależny jest od tego, czy inicjuje się go w rejonie dobrze wymieszanej mieszanki palnej. Można przypuszczać, że dzięki dokładnemu i precyzyjnemu przewidywaniu zjawisk mieszania zarówno proces zapłonu iskrowego i samozapłonu, jak również propagacja/stabilizacja płomienia będą mogły być skutecznie kontrolowane, co ma kluczowe znaczenie dla wydajności i bezpieczeństwa wielu urządzeń przemysłowych. Możliwość zmiany kształtu płomienia i jego dynamiki jest bardzo kusząca, a prace w tym kierunku otworzą nowe perspektywy zarówno dla naukowców, jak i inżynierów.