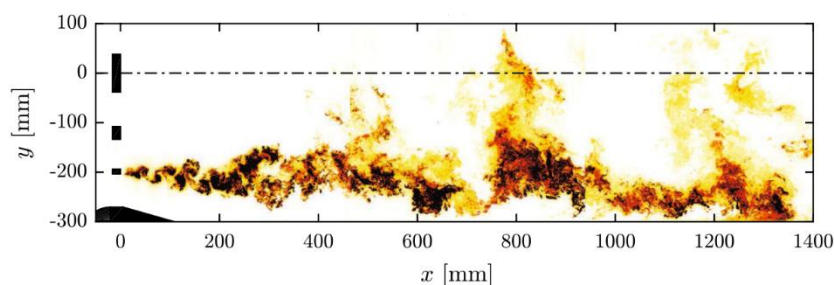


Propozycja pracy prześciowej/dyplomowej



Zarys problemu badawczego

Laser Induced Fluorescence (LIF) jest jedną z podstawowych metod eksperymentalnych pozwalających na pomiar rozkładu pasywnej wielkości skalarnej transportowanej w przepływie (np. pole stężenia składnika roztworu, pole temperatury). LIF jest techniką nieinwazyjną; jest chętnie wykorzystywany np. do badania rozchodzenia się zanieczyszczeń w przepływie wokół zabudowy miejskiej. Technika ta polega na dodaniu do cieczy roboczej roztworu barwnika fluorescencyjnego (np. fluoresceina, rodamina) a następnie na oświetleniu badanego pola przepływu światłem monochromatycznym o odpowiednio dobranej długości fali. Pod wpływem zewnętrznego oświetlenia barwnik emituje światło (zjawisko fluorescencji), którego natężenie jest funkcją m.in. lokalnego stężenia barwnika, natężenia oświetlenia, temperatury, itp. Zarejestrowany poziom natężenia fluorescencji, po odpowiednim skalibrowaniu, pozwala na określenie np. wartości lokalnego stężenia barwnika (patrz Rys. 1). Szczegóły LIF są opisane w licznych publikacjach, np. w pracy przeglądowej [1].



Rys. 1 Wizualizacja stężenia barwnika LIF w przepływie za układem prostokątnych turbulizatorów o różnych wymiarach. Barwnik jest dodawany do przepływu na zewnętrznej stronie najmniejszego turbulizatora (źródło [2]).

Dotychczas nie upowszechnił się jeden standard kalibracji pomiarów LIF. Badacze często posługują się metodami dedykowanymi dla ich konkretnych układów eksperymentalnych, wykorzystując przy tym różne uproszczone modele zjawiska fluorescencji (w zależności od konkretnych wartości parametrów pomiarowych). W najprostszym wariantcie kalibracji zakłada się, że natężenie fluorescencji jest proporcjonalne do natężenia oświetlenia i lokalnego stężenia barwnika (stała proporcjonalności jest przy tym pewną stałą materiałową charakterystyczną dla danego barwnika). W nieco bardziej zaawansowanych modelach uwzględnia się np. postępującą redukcję natężenia oświetlenia na skutek absorpcji części jego energii przez cząsteczki barwnika (emisja fluorescencji odbywa się kosztem tej absorbowanej energii), czy zależność wydajności kwantowej od stężenia barwnika (tzn. sprawności konwersji energii absorbowanej z oświetlenia na energię fluorescencji).

Przykładami użycia dedykowanych technik kalibracji LIF są prace [2] i [3]. W szczególności, definiuje się w nich i rozważa zjawisko tzw. fluorescencji wtórnej (ang. secondary fluorescence). Rozumie się przez to wtórną emisję fluorescencji powstałą po samoświetleniu się barwnika tzw. fluorescencją pierwotną (wytworzoną na skutek pierwotnego oświetlenia przez zewnętrzne źródło światła, ang. primary fluorescence). Natężenie fluorescencji wtórnej, zgodnie z obserwacjami raportowanymi w [2] i [3], jest porównywalne z natężeniem fluorescencji pierwotnej, toteż nie jest to efekt pomijalny (choć dotąd nie był on brany pod uwagę przez innych badaczy). Niestety, jego uwzględnienie w procesie kalibracji LIF prowadzi do znacznych komplikacji ze względu na zanik lokalnego charakteru zależności pomiędzy natężeniem fluorescencji, a parametrami takimi jak stężenie barwnika czy natężenie zewnętrznego oświetlenia. Fluorescencja wtórna zależy przecież od rozkładów tych parametrów w całym otoczeniu.

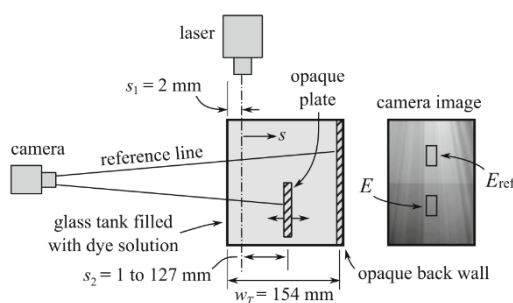
Choć praca [2] jest poświęcona rozwojowi techniki kalibracji LIF uwzględniającej wpływ fluorescencji wtórnej, to jest ona oparta o dane eksperymentalne niepozwalające na bezpośrednią weryfikację niektórych postulowanych w niej hipotez (przeprowadzona została jedynie pośrednia weryfikacja). Jest to tłumaczone faktem, że dane eksperymentalne były pierwotnie zebrane w celu innym niż rozwój nowatorskiej metody kalibracji; eksperyment nie był pod tym kątem projektowany. W szczególności, nie było możliwe sprawdzenie kluczowej hipotezy, wg której związek pomiędzy

natężeniem fluorescencji pierwotnej i wtórnej (odpowiednio F' i F'') może być wyrażony jako $F''(x) = F'(x) * \frac{\alpha}{|x|^n}$, gdzie $f(x) * g(x)$ oznacza splot dwóch funkcji, a α i n to pewne stałe. Te oczywiste ograniczenia pracy [2] sprawiają, że postulowana technika kalibracji LIF nie jest aktualnie dostatecznie wiarygodna. Dla zwiększenia jej wiarygodności konieczne jest bezpośrednie eksperymentalne potwierdzenie powziętych w pracy założeń.

Opis proponowanej pracy przejściowej/dyplomowej

W ramach proponowanej pracy przejściowej/dyplomowej zakłada się przeprowadzenie eksperymentalnej weryfikacji techniki kalibracji LIF oraz założeń postulowanej w pracy [2]. Ogólny zarys działań jest następujący:

1. Zapoznanie się z literaturą dotyczącą LIF.
2. Zaprojektowanie i zestawienie stanowiska pomiarowego składającego się z przezroczystego zbiornika, lasera (źródło światła monochromatycznego), kamery oraz niezbędnych elementów optycznych (soczewki, lustra, itp.). Stanowisko pomiarowe powinno przypominać to opisane w pracy [3] (patrz Rys. 2).
3. Wytworzenie w przygotowanym zbiorniku prostego, ale niejednorodnego rozkładu stężenia barwnika. Można tu wykorzystać np. dwa płyny niemieszalne aby stworzyć dwie warstwy o jednorodnych, ale różnych stężeniach barwnika (uzyskując w wyniku skokową zmianę pola stężenia barwnika na granicy dwóch płynów).
4. Wykonanie serii pomiarów w ramach których za pomocą kamery zarejestrowany zostanie poziom fluorescencji po oświetleniu układu światłem lasera. Dodatkowo niezbędne będzie przeprowadzenie serii pomiarów referencyjnych.
5. Analiza uzyskanych wyników pod kątem weryfikacji hipotez postulowanych w pracy [2].
6. Przygotowanie pracy przejściowej/dyplomowej dokumentującej wcześniejsze działania.



Rys. 2 Schemat stanowiska eksperymentalnego zastosowanego w pracy [3] (źródło [3]).

Wyniki uzyskane w ramach proponowanej pracy przejściowej/dyplomowej zostaną z dużym prawdopodobieństwem wykorzystane do stworzenia publikacji naukowej (planowana jest publikacja w czasopiśmie *Experiments in fluids*). Osoba podejmująca się proponowanej pracy przejściowej/dyplomowej, w zależności od stopnia zaangażowania w przygotowanie publikacji, byłaby pierwszym lub drugim współautorem.

Kontakt

Zainteresowani proszeni są o kontakt z dr inż. Pawłem Bajem (email: pawel.baj@pw.edu.pl).

Bibliografia

- [1] J. Crimaldi, „Planar laser induced fluorescence in aqueous flow,” *Experiments in fluids*, tom 44, nr 6, pp. 851–863, 2008.
- [2] P. Baj, P. Bruce i O. Buxton, „On a PLIF quantification methodology in a nonlinear dye response regime,” *Experiments in Fluids*, tom 57, nr 6, pp. 1–19, 2016.
- [3] C. Vanderwel i S. Tavoularis, „On the accuracy of PLIF measurements in slender plumes,” *Experiments in fluids*, tom 55, nr 8, pp. 1–16, 2014.