

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Kawitacja jest procesem polegającym na naprzemiennym tworzeniu się i zapadaniu pęcherzy pary w przepływie fazy ciekłej. Formowanie się i wzrost pęcherzy pary następuje w obszarach obniżonego ciśnienia. Następnie pęcherze przepływają do obszarów o wyższym ciśnieniu i następuje ich gwałtowny zanik. Zapadanie się pęcherzy można porównać do nagłych wstrząsów w układach mechanicznych, które generują ogromny wzrost ciśnienia i temperatury w miejscu zapadania się pęcherza. Powstaje uderzeniowa fala ciśnienia, która propaguje w przepływie i jest źródłem hałasu będącego jednym z pierwszych objawów wystąpienia kawitacji w przepływie. Do pozostałych efektów przepływu z kawitacją można zaliczyć wibracje i erozję materiału w pobliżu zapadających się struktur kawitacyjnych. Zjawisko kawitacji można często spotkać w trakcie eksploatacji maszyn energetycznych takich jak pompy i turbiny wodne. W związku z tym, że praca maszyn w warunkach przepływu z kawitacją jest szkodliwa i skraca żywotność ich elementów, istotnym zagadnieniem jest możliwość przewidywania lokalizacji, w których może wystąpić to zjawisko oraz jego ewentualny rozwój. Obecnie popularną metodą oceny układów przepływowych jest przeprowadzenie symulacji numerycznych, które dostarczają szeroki wachlarz informacji na temat rozkładu parametrów występujących w przepływie. W symulacjach tych używanych jest kilka różnych modeli matematycznych kawitacji. Ze względu na stopień skomplikowania zjawiska, a w szczególności proces zmiany fazy oraz nagłe zmiany struktur i parametrów w szerokim zakresie, modele kawitacji są wciąż rozwijane.

Głównym celem projektu jest przeprowadzenie zarówno numerycznego jak i eksperymentalnego badania przepływu z kawitacją w przypadku dwóch różnych konfiguracji geometrycznych: dyszy Venturiego oraz profilu. W przypadku profilu planowane są badania przy różnym kącie natarcia. Pomiarów odbywać się będą w zamkniętym obiegu wody z instalacją podgrzewu czynnika i wytwarzania podciśnienia. Przebieg zjawiska kawitacji zostanie zarejestrowany z użyciem szybkiej kamery. Ponadto zmierzone zostaną rozkłady ciśnienia statycznego na powierzchni profilu i wzdłuż dyszy. Dynamika struktur kawitacyjnych, ich kształty i wymiary zostaną opisane i powiązane z aktualnymi parametrami przepływu. Pozwoli to na zgromadzenie niezbędnej wiedzy do przewidywania lokalizacji najmocniej narażonych na skutki erozji kawitacyjnej. Ponadto zostanie zmierzona zawartość powietrza w cieczy obiegowej oraz zbadany wpływ dodatkowej fazy na dynamikę kawitacji. Planowana jest również analiza widma sygnałów wibroakustycznych generowanych w tunelu kawitacyjnym oraz określenie relacji między intensywnością zjawiska kawitacji a parametrami fal akustycznych. Do kontroli dynamiki zjawiska kawitacji może być użyte powietrze, jako że dodatkowa faza gazowa wpływa na wzrost ciśnienia w pęcherzach pary i osłabia negatywne efekty ich zapadania się. W związku z tym, w ramach projektu zostanie zaprojektowana i wykonana instalacja dozowania powietrza do przepływu z kawitacją. Doświadczenie zdobyte w toku prac w projekcie pozwoli na kontrolę potencjalnego niszczącego wpływu kawitacji na elementy instalacji poprzez dozowanie powietrza w obszary najbardziej zagrożone.

Istotnym zagadnieniem poruszonym w proponowanym projekcie jest opracowanie narzędzi do przeprowadzenia symulacji numerycznych przepływu wielofazowego. Zostanie oceniona przydatność istniejących modeli kawitacji w przypadku badanych typów przepływów kawitacyjnych (przepływ w dyszy oraz wokół profilu). Ponadto zaproponowane zostaną poprawki do badanych modeli uwzględniające występowanie powietrza w przepływie. W większości modeli wpływ powietrza jest zaniewany, konieczne więc będą prace nad ich przeformułowaniem. Istotną częścią budowanego modelu będzie wybór odpowiedniej metody modelowania turbulencji dla przepływu wielofazowego. W analizach zostaną uwzględnione różne warianty dwurównaniowego modelu turbulencji. Model numeryczny zostanie zaimplementowany w środowisku ANSYS oraz OpenFOAM. ANSYS jest kodem komercyjnym, szeroko stosowanym w przemyśle i środowisku akademickim. Kod OpenFOAM jest kodem typu otwartego i pozwala na dostosowanie schematów całkowania równań zachowania do rozpatrywanego problemu. Głównym celem w tym zakresie projektu jest uzyskanie nowych, zweryfikowanych narzędzi numerycznych, które zapewnią stabilność procesu obliczeniowego oraz skrócą jego czas. Nie bez znaczenia jest fakt, że proponowany algorytm obliczeniowy ma mieć charakter aplikacyjny, więc możliwy do zastosowania w analizach złożonej geometrii układu przepływowego.

Rozpoznanie procesów odpowiedzialnych za pojawienie się kawitacji i jej rozwój w przepływie fazy ciekłej, powiązanie parametrów przepływowych z hałasem generowanym przez zapadające się pęcherze gazu i zbadanie wpływu powietrza na dynamikę struktur kawitacyjnych pozwoli w przyszłości na opracowanie metod przedłużania żywotności elementów maszyn oraz unikanie ich awarii. Tak szerokie podejście w badaniu zjawiska kawitacji nie było do tej pory stosowane. Jest to ważny aspekt projektu świadczący o jego oryginalności.