

STRESZCZENIE

„Wpływ zamarzania cieczy grzewczej na regazyfikację cieczy kriogenicznych”

Gaz ziemny uważany jest za najczystsze paliwo kopalne, a jego skroplona forma LNG (ang. *Liquefied Natural Gas*) produkowana jest przede wszystkim dla celów długodystansowego transportu oraz efektywniejszego przechowywania. Niemniej jego znaczenie na rynkach energetycznych rośnie również w kontekście wykorzystania go jako możliwego paliwa do produkcji energii w przemyśle lub transporcie.

W procesach technologicznych z wykorzystaniem LNG ostatnim etapem jest jego odparowanie i ogrzanie do temperatury otoczenia. Proces ten jest najczęściej realizowany z wykorzystaniem wymienników płytowych lub płaszczowo rurowych, gdzie czynnikiem grzewczym jest woda lub mieszanina wody z glikolem. Niska temperatura wrzenia cieczy kriogenicznych stwarza jednak ryzyko zestalania się czynnika grzewczego co z kolei może prowadzić do zniszczenia wymiennika i innych urządzeń. Z tego też powodu istnieje potrzeba lepszego zrozumienia procesu i parametrów, które go determinują.

Obszarem badawczym, którego dotyczy rozprawa doktorska jest modelowanie zjawisk cieplno-przepływowych występujących w wymienniku lub rozpatrywanym jego fragmencie ze szczególnym uwzględnieniem wymiany ciepła pomiędzy cieczą kriogeniczną a czynnikiem grzewczym. Głównym celem rozprawy było opracowanie modelu numerycznego z zakresu numerycznej mechaniki płynów (CFD), przeznaczonego do wielowariantowych obliczeń koncepcyjnych wspierających proces projektowania wymiennika, analizy jego pracy w określonych warunkach jak również podejmowania określonych działań na wypadek awarii.

W ramach rozprawy zaproponowano uproszczony sposób modelowania wrzącej cieczy kriogenicznej, w którym to przedstawiana jest ona jako ciało stałe o dostosowanej przewodności cieplnej. Model ten wykorzystany został na wszystkich etapach badań. W początkowej fazie model poddano walidacji na uproszczonej geometrii przepływu przez prostokątny kanał, gdzie uzyskane wartości grubości warstwy lodu po stronie czynnika grzewczego zestawiono z rozwiązaniem analitycznym. W kolejnych krokach zbadano jaki wpływ na tę grubość mają poszczególne parametry takie jak m.in. warunki wrzenia cieczy kriogenicznej czy też temperatura oraz prędkość czynnika.

Następny etap badań obejmował analizę przepływu czynnika wokół pęczka rur rozpatrywanego tutaj jako fragment wymiennika płaszczowo-rurowego. W ramach tych analiz przeprowadzone zostały testy numeryczne dla trzech różnych czynników (woda oraz dwie mieszaniny wody z glikolem w różnych stężeniach). Ponadto sprawdzono także jaki wpływ na formowanie się warstwy lodu ma kształt zastosowanych rurek. Zebrane wyniki pozwoliły na dokonanie porównań na kilku płaszczyznach jak np. moc cieplna czy wydajność pomp.

Ostatnią formą zarówno weryfikacji jak i analiz było wykonanie obliczeń na pełnowymiarowym modelu wymiennika płaszczowo-rurowego i zestawienie uzyskanych rezultatów z wynikami przeprowadzonego eksperymentu na analogicznym wymienniku. Poza sprawdzaną dotychczas częścią odpowiedzialną za wrzenie cieczy kriogenicznej, model został tutaj wzbogacony o część odpowiadającą za przegrzanie jej par po odparowaniu. Skupiając się również na zamrażaniu czynnika grzewczego, rozpatrzony został przypadek awarii, w którym przepływ wody zostaje zatrzymany, a następnie po pewnym czasie wznowiony. Sprawdzono w ten sposób czy w takiej sytuacji lód nie zablokuje całego wymiennika oraz czy możliwe jest wznowienie jego pracy po takiej chwilowej przerwie.

Brent Arkadiusz