



Politechnika Gdańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Katedra Hydrotechniki



Mgr inż. Marlena A. Gronowska-Szneler

WYMIAROWANIE SEPARATORÓW WIROWYCH

Rozprawa doktorska
Streszczenie

Promotor: Prof. dr hab. inż. Jerzy M. Sawicki

Gdańsk, 2015

Celem rozprawy doktorskiej było opracowanie i zaproponowanie technicznych kryteriów projektowych służących do wymiarowania separatorów wirowych. Separatory wirowe (*ang. vortex separators*) należą do grupy urządzeń służących do mechanicznego usuwania z wody lub ścieków zawiesiny ziarnistej, w których proces separacji grawitacyjnej wspomagany jest przez siłę odśrodkową. Separatory wirowe stają się ostatnio coraz bardziej popularne, szczególnie w wersji niedużych obiektów lokalnych wykorzystywanych do oczyszczania ścieków opadowych, pochodzących ze zlewni zurbanizowanej. W separatorze wirowym ciecz wprowadzana jest do komory wlotem stycznym do ścianki zewnętrznej, wywołując odśrodkowo-poziomy (spiralny) ruch cieczy we wnętrzu urządzenia. Wirująca ciecz generuje siłę odśrodkową, która kieruje cząstki zawiesiny ku ściance zewnętrznej. W istocie rzeczy, separatory działają na tej samej zasadzie co cyklony, urządzenia do odpylania powietrza, w których spiralny strumień gazu generuje siłę odśrodkową, a cząstki spychane ku zewnętrznej ściance komory opadają do części stożkowej urządzenia.

Powołując się na podobną zasadę działania, podjęto próbę zwymiarowania separatora wirowego wykorzystując dwie metody wymiarowania cyklonów przedstawione w literaturze zagadnienia. Bazowano na wymiarach separatorów wcześniej wprowadzonych na rynek przez polską firmę Ecol-Unicon Sp. z o.o. W rezultacie stwierdzono, że separatory wirowe nie mogą być projektowane metodami dla cyklonów ze względu na zbyt duże rozbieżności w bilansie sił i gęstościach zawiesina-płyn, jak również ze względu na brak poprawnego opisu rozkładu prędkości w separatorze wirowym.

Wobec powyższego, postanowiono przeprowadzić szereg pomiarów na specjalnie zaprojektowanym i skonstruowanym stanowisku badawczym składającym się z cylindrycznego zbiornika przepływowego o średnicy 80 cm i wysokości 30 cm, wyposażonego w przewody zasilające i odprowadzające ciecz z komory. Celem zbadania wpływu siły Coriolisa na wartości prędkości, stanowisko badawcze wyposażono w dwa, styczne do ścianki komory, przeciwległe usytuowane wloty. Badania empiryczne obejmowały pomiary pola prędkości oraz czas zatrzymania cieczy w separatorze.

Punktowe pomiary prędkości cieczy wykonywane były za pomocą mikromłynka hydrometrycznego mierząc obwodową składową prędkości. Z kolei, radialna składowa prędkości cieczy została opisana jej wartością średnią dla każdej danej odległości od osi separatora.

W celu wyznaczenia czasu zatrzymania cieczy w komorze przeprowadzono pomiary znacznikowe z wykorzystaniem roztworu Rodaminy WT i czujników kolorymetrycznych. Znana dawka wskaźnika o odpowiednim stężeniu wprowadzana

była w postaci impulsu przewodem wlotowym do komory, a stężenie znacznika w rejonie przewodu odpływowego rejestrowane za pomocą czujnika kolorymetrycznego. Z analizy otrzymanych danych wynikało, że separator wirowy może być traktowany jako reaktor zbiornikowy z idealnym mieszaniem.

Przyjęty model prędkości w separatorze wirowym został następnie zastosowany do wyznaczenia trajektorii ruchu cząstki zawieszanej w cieczy, opisanej za pomocą układu trzech równań (prędkość radialna, prędkość obwodowa, prędkość w pionie), które wraz z równaniem różniczkowym zestawiającym wektor promienia cząstki z wektorem prędkości cząstki zostały zastosowane do przeprowadzenia symulacji ruchu cząstki we wnętrzu separatora wirowego metodą CFD.

Ostatecznie, pamiętając o głównym aspekcie pracy - opracowane narzędzie ma być uproszczone, lecz technicznie uzasadnione, i jako takie może być stosowane do opisu pracy separatora wirowego przez inżyniera praktyka, zaproponowano dwa kryteria projektowe wyprowadzone na bazie dwóch warunków: zestawienie "granicznych" sił działających na cząstkę w przekroju odpływowym oraz porównanie czasu ruchu poziomego cząstki w płynie z czasem potrzebnego na grawitacyjną separację cząstki ze strumienia płynu. Pierwsze kryterium projektowe - kryterium bilansu sił - określało relację pomiędzy wydatkiem płynu, trzema wielkościami geometrycznymi charakteryzującymi separator (wysokość zwierciadła cieczy, średnica wlotu, promień wylotu), parametrami cząstki obliczeniowej (średnica i gęstość) oraz gęstością cieczy nośnej. Drugie kryterium projektowe wiązało ze sobą promień separatora, wydatek cieczy oraz prędkość swobodnego opadania cząstki.

W celu weryfikacji poprawności opracowanych kryteriów projektowych skonstruowano laboratoryjny prototyp separatora wirowego, zaprojektowany w oparciu o przedstawione kryteria. Na drugim stanowisku pomiarowym przeprowadzono serię pomiarów empirycznych i wyznaczono sprawność prototypu. Badania polegały na wyznaczeniu bilansu masy zawiesiny wprowadzonej do zbiornika i zgromadzonej na stożkowym dnie górnego cylindra. Wyniki pomiarów wskazały na wysoką sprawność pracy laboratoryjnego prototypu i uznano je za zadowalające.

Opracowane kryteria projektowe, w postaci prostych zależności algebraicznych uwzględniających podstawowe wymiary urządzenia, mogą służyć jako narzędzie pomocnicze w bardziej wymagających i czasochłonnych metodach CFD, ale przede wszystkim stanowić samodzielną metodę projektowania separatorów wirowych.