



DODATKOWA RECENZJA POPRAWIONEJ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: Analiza właściwości metrologicznych przepływomierzy próbkujących z czujnikami powierzchniowymi

Autor rozprawy: mgr inż. Witold Krieser

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Stanisław Waluś, prof. nzw. w Politechnice Śląskiej

1. Cel, zakres i charakter rozprawy

Celem pracy wyrażonym w formie tezy jest wyznaczenie wzorów na współczynnik wzorcowania przepływomierzy próbkujących dla różnych rozkładów prędkości w rurociągu oraz dla różnych konfiguracji urządzenia pierwotnego przepływomierza, oraz wykazanie, że opracowane wzory na współczynnik wzorcowania, pozwalają na wzorcowanie pośrednie (na podstawie modelu matematycznego) przepływomierza oraz na określenie położenia i rozmiaru czujnika, dla którego współczynnik wzorcowania zmienia się w jak najmniejszym zakresie. Rozprawa ma charakter teoretyczno – doświadczalny.

2. Zawartość rozprawy

Wstępna część pracy (rozdz. 1 i 2) obejmuje przegląd stanu wiedzy w tematyce związanej z pracą, omówienie zasady pomiaru za pomocą przepływomierzy próbkujących, przegląd stosowanych zasad pomiarowych, sposób obliczania strumienia objętości w oparciu o wskazania czujników oraz właściwości metrologiczne przepływomierzy próbkujących.

Rozdział 3 zawiera przegląd istniejących modeli matematycznych opisujących rozkłady prędkości w rurociągach w zakresie przepływu laminarnego, turbulentnego i przejściowego, co jest ważną podstawą do dalszych rozważań, gdzie rozkład prędkości decyduje o dokładności metody.

Kolejne rozdziały, 4 i 5 mają charakter teoretyczny i stanowią najistotniejsze osiągnięcie Autora.

Rozdział 4, poświęcono wyprowadzeniu teoretycznych wzorów na współczynnik wzorcowania przepływomierzy próbkujących z czujnikami o powierzchni prostokątnej usytuowanymi w osi i w cięciwie rurociągu, przy przepływie osiowosymetrycznym w pełni rozwiniętym oraz w obecności zakłócenia profilu prędkości.

Rozdział 5 poświęcono wyprowadzeniu teoretycznych wzorów na współczynnik wzorcowania przepływomierzy próbkujących z czujnikami o powierzchni kołowej.

Rozdział 6 stanowi próbę przedstawienia metodyki doboru przepływomierza próbkującego.

Rozdział 7 poświęcony jest weryfikacji doświadczalnej wyprowadzonych wzorów na współczynnik wzorcowania a w rozdziale 8 przedstawiono podsumowanie całości rozprawy. Pracę kończy wykaz literatury i 2 załączniki.

3. Opinia o poprawności i oryginalności postawionej tezy i w jakim stopniu została ona wykazana

Na końcu części wstępnej postawiono tezę, mianowicie, że „analiza modeli matematycznych urządzeń pierwotnych przepływomierzy próbkujących z czujnikami jednopowierzchniowymi umożliwia wyznaczenie wzorów na współczynnik wzorcowania, pozwalających na wzorcowanie

pośrednie (na podstawie modelu matematycznego) przepływomierza oraz na określenie położenia i rozmiaru czujnika, przy których współczynnik ten zmienia się w jak najmniejszym zakresie.

Można przyjąć, że teza ta została udowodniona teoretycznie, została też zweryfikowana doświadczalnie. Rozbieżności między wynikami teoretycznymi a doświadczalnymi są dość duże, do kilkunastu %. Przy takich rozbieżnościach trudno uznać, że wyznaczone współczynniki pozwalają na wzorcowanie czujnika na podstawie modelu matematycznego, gdyż przy obecnym stanie techniki oczekuje się pomiarów strumienia z niepewnością raczej znacznie poniżej 1%. Być może w ograniczonym zakresie – ale doktorant na ten temat się nie wypowiada. Oczekuję wyjaśnienia tych wątpliwości w trakcie obrony.

4. Analiza źródeł (w tym literatury światowej i/lub stanu techniki) świadczącej o dostatecznej wiedzy autora w danej dyscyplinie naukowej

W analizie aktualnego stanu wiedzy uwzględniono większość ważnych dla metrologii przepływów źródeł literaturowych. Z pozycji pominiętych można wymienić Flow Measurement and Instrumentation (wyd. Elsevier), który to miesięcznik jest obecnie jednym z ważniejszych forów w dziedzinie metrologii przepływów.

4. Pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy lub/i stanu techniki reprezentowanych przez literaturę światową

Wyprowadzone wzory na współczynniki wzorcowania mogą stanowić uzupełnienie wiedzy światowej w dziedzinie pomiarów za pomocą przepływomierzy próbkujących – pod warunkiem jednak wyjaśnienia przyczyn znacznych rozbieżności między wynikami teoretycznymi a eksperymentalnymi.

5. Opinia o znaczeniu uzyskanych wyników dla danej dyscypliny naukowej

Gdyby udało się zbliżyć wyniki rozważań teoretycznych do wyników eksperymentu to ich znaczenie mogłoby być duże, warte opublikowania w najważniejszych czasopismach z obszaru metrologii przepływów.

6. Umiejętnościach autora do poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)

Praca zredagowana jest w zasadzie poprawnie. Mimo pewnych błędów terminologicznych i błędów formalnych można stwierdzić, że umiejętności Autora w zakresie jasnego formułowania problemów i prezentowania wyników są wystarczające. Słabą stroną doktoranta jest jednak umiejętność analizy wyników i wnioskowania.

7. Wskazanie głównych wad rozprawy, jej słabych stron wraz z krytycznymi uwagami szczegółowymi

7.1 Uwagi merytoryczne do części teoretycznej

P. 2.2.2, Czujniki stosowane w przepływomierzach próbkujących: rys. 2.4 bardzo uproszczony, to są raczej ikonki, które niewiele wnoszą, nie pozwalają na zorientowanie się w zasadach działania czujnika. Dyskusyjne jest zakwalifikowanie przepływomierzy naporowych (tarczowych) do próbkujących, wielkość zwykle stosowanych tarcz sprawia że są to jednak przede wszystkim pomiary inwazyjne. Brak wyszczególnienia przepływomierzy wirowych także stosowanych jako próbkujące, brak też ważnych z punktu widzenia techniki przepływomierzy piętrzących (rurki Prandtla, Pitota, czy rurki uśredniające, o których zresztą w dalszej części jest mowa). Rys. 2.5 – brak objaśnienia zasady działania przedstawionych tu czujników ultradźwiękowych.

s. 18 – podanie średnicy czujnika 0.5 i 1 mm jest zdecydowanie niewystarczającą informacją, powinna temu towarzyszyć informacja dla jakiej średnicy rurociągu, bo np. dla DN 100 to mało, a dla DN 10 dużo.

Błędne, mylące określenie **warunków normalnych**, zwykle rozumie się pod tym pojęciem warunki takie jak np. 101,325 kPa, 273,15 K. W przedstawionej pracy natomiast pod pojęciem warunków normalnych określa się warunki przepływu niezaburzonego a pod pojęciem warunków odbiegających od normalnych – rozumie się zniekształcony rozkład prędkości (s. 20, 29, 61, 87).

Podobnie s. 21, p. 3 i 3.1: normalne warunki przepływu (które wg Autora nie zależą od rodzaju przepływomierza) vs. normalne warunki stosowania (które muszą być spełnione ze względu na dany przepływomierz) – czy tu chodzi o warunki odniesienia i znamionowe warunki użytkowania czy o coś innego? Podobnie p. 3.3: Modele matematyczne rozkładów prędkości w warunkach odbiegających od **normalnych**.

Dalej jest wprowadzona definicja (Autora ?) „normalnych” warunków przepływu: mianowicie przepływ ma być przez rurociąg kołowy a chropowatość znana. Czy więc dla kanałów o innym przekroju i nieznannej chropowatości warunki są nienormalne ? Dalej: rozkład prędkości osiowoosymetryczny i niezmienny: niezmienny w funkcji czego ? czasu ? czy długości rurociągu ? Jeśli w funkcji czasu to przepływ taki nazywamy stacjonarnym, a jeśli w funkcji długości rurociągu to nazywamy go przepływem w pełni rozwiniętym i być może o to chodziło.

s. 24 „Przepływ turbulentny jest skomplikowanym procesem przemysłowym” – jest to bardzo oryginalna ale równie niewłaściwa definicja. Autor podtrzymał ją mimo moich uwag w poprzedniej recenzji. Przypominam więc, że **proces przemysłowy** to przebieg celowego fizycznego lub chemicznego przekształcania materii a **przepływ turbulentny** to taki, w którym parametry (p , T , v , ρ) zmieniają się w sposób chaotyczny. Więc jedno z drugim nie ma nic wspólnego.

W trakcie obrony oczekuję więc odpowiedzi po co, mimo zastrzeżeń zgłoszonych w poprzedniej recenzji, doktorant wprowadza nowe, niejasne definicje znanych pojęć, których definicje są od dawna ugruntowane.

We wzorze (3.9) współrzędna kątowna ϑ jest bliżej nieokreślona. Po lewej stronie wzoru (3.10)

występuje $v(r, \vartheta)$ czyli v powinna być funkcją ϑ , brak jednak po prawej stronie ϑ , czy więc v jest być

funkcją ϑ czy nie?

Przykładowy wykres 3.6 – nie wiadomo, jakiego elementu zaburzającego dotyczy. Jaka jest interpretacja fizyczna h , k ? Czy to jest profil osiowoosymetryczny ? Trudno ponadto wyobrazić sobie element, który by taki profil generował.

Rozdział 6 (metodyka doboru) to są w większości

- ogólniki (np. jeśli coś się nie nadaje to się to eliminuje i nie potrzeba do tego badań naukowych),
- abstrakcje nie do zrealizowania (np. jak dokonać pomiaru rozkładu prędkości na projektowanym dopiero układzie pomiarowym),
- stwierdzenia błędne (np. że określenie odpowiedniej metody ze względu na właściwości metrologiczne sprowadza się do tego czy czujnik ma być prostokątny czy okrągły – zwłaszcza że prostokątnego w ogóle nie rozważano),
- fakty oczywiste (np. zawsze rozważa się i uwzględnia kwestie instalacyjne),
- komu użytkownik powinien przekazać informacje o charakterze przepływu ?

w tej postaci rozdział ten niewiele wnosi i jest moim zdaniem zbędny. Ponieważ doktorant nie uwzględnił tych uwag (były w poprzedniej recenzji) to oczekuję przedstawienia w trakcie obrony na konkretnym przykładzie funkcjonowania tej metodyki.

7.2 Opinia o części eksperymentalnej

Stanowisko (rys. 7.1) dalej opisane nieprecyzyjnie, chociaż znacznie lepiej niż w poprzedniej wersji. Brak dalej informacji o chropowatości (o której w części teoretycznej wspomniano jako parametrze istotnym). Nie wiadomo jaką zastosowano prostownicę strumienia. Znikła (bliżej nieokreślona) kłapa do zmian wartości strumienia, która była w poprzedniej wersji pracy, ale nie podano jak wobec tego regulowano strumień.

Zbyt krótki jest odcinek przed kryzą, dla przewężenia ok. 0.75 powinien on być znacznie dłuższy. Ponadto wprowadzenie badanych przyrządów w odległości 3 D przed kryzą także jest niepoprawne, bo generują one zaburzenia wpływające na charakterystykę zwężki. W tablicach z wynikami występuje niejasne pojęcie „przednia ścianka rurociągu”, która jest bazą dla podawania odległości.

Tab. 7.2 – identyczne wyniki w kolumnie 3 i 5 oraz 4 i 6. Prawdopodobieństwo otrzymania identycznych wyników dwoma metodami jest równe niemal zero.

Ważnym technicznie przypadkiem jest problem takiego usytuowania czujnika, aby wskazywał on bezpośrednio prędkość średnią, wtedy bardzo łatwo przejść na strumień ($q_v = v_{sr} \cdot A$). O tym zagadnieniu doktorant w ogóle w pracy nie wspomina, a szkoda.

Mimo tych usterek, istotnym postępowaniem jest wykonanie i przedstawienie wyników eksperymentów w wystarczająco szerokim zakresie, aby dokonać próby zweryfikowania postawionej tezy. Ponadto w poprawionej wersji pracy doktorant przedstawił analizę niepewności prowadzonych eksperymentów.

7.3 Uwagi do Podsumowania:

Podsumowanie składa się z ogólnikowych stwierdzeń, zasadniczo prawdziwych ale też oczywistych jeszcze przed wykonaniem tej pracy.

Natomiast jako osiągnięcie Autor podkreśla „... dokładne określenie współczynnika wzorcowania ...”. Nasuwa się jednak pytanie czy rozbieżności między k_0 a k_d dochodzące do kilkunastu % można uznać za dokładne określenie współczynnika wzorcowania, zwłaszcza dzisiaj, gdy nawet najprostsze gazomierze i wodomierze domowe to 2 – 3 % a przemysłowe przepływomierze cechują się już niepewnością lepszą niż 0.1 % ? Brak mi tu przynajmniej próby wyjaśnienia tak znacznych rozbieżności między teorią a eksperymentem.

Przy takich rozbieżnościach trudno uznać, że wyznaczone współczynniki pozwalają na wzorcowanie czujnika na podstawie modelu matematycznego jak to ujęto w tezie. Być może jest to prawda w ograniczonym zakresie – ale doktorant na ten temat się nie wypowiada. Oczekuję wyjaśnienia tych wątpliwości w trakcie obrony.

7.4 Uwagi formalne

Literówki, styl

s. 12 powierzchnię czynną przybliżoną do prostokąta

s. 27 Zachodzi zatem pytanie ...

s. 94 ... jednopowierzchniowym

s. 135 ... z czujnikami jednopowierzchniowych

Na ww. błędy zwróciłem uwagę w poprzedniej recenzji, nie zostały jednak uwzględnione.

Oznaczenia, terminologia

k występuje we wzorach (3.10) i (2.4) w różnych znaczeniach

rys. 6.1 – są pewne ogólne zasady przyjęte dla wykonywania schematów blokowych i algorytmów postępowania

wzór (7.2) – różniczka zupełna ?!

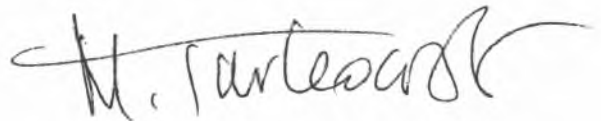
8. Sformułowanie i uzasadnienie wniosku o dopuszczeniu rozprawy doktorskiej do publicznej obrony

Część teoretyczna pracy nie budzi, poza niewielkimi usterkami, większych zastrzeżeń, co zresztą stwierdziłem już w recenzji poprzedniej wersji pracy.

W porównaniu do wersji poprzedniej znacznie rozbudowano część badawczą. Wykonano i przedstawiono wyniki eksperymentów w wystarczająco szerokim zakresie, aby dokonać próby zweryfikowania postawionej tezy. Pewne niedociągnięcia co do metodyki badań mogą być usprawiedliwione faktem, że na stanowisku, które było do dyspozycji lepiej tych badań nie dało się zrobić.

Niepokój budzą jednak znaczne rozbieżności między wynikami teoretycznymi a eksperymentem, tym bardziej że doktorant nie ustosunkowuje się w pracy do tego problemu.

Zakładam jednak, że doktorant przeanalizuje jeszcze przyczyny rozbieżności i spróbuje je wyjaśnić podczas obrony, a więc, reasumując - **wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "M. Sartorius". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke extending to the right.