

**D Z I E K A N
I R A D A W Y D Z I A Ł U
B U D O W N I C T W A I A R C H I T E K T U R Y
Z A C H O D N I O P O M O R S K I E G O U N I W E R S Y T E T U T E C H N O L O G I C Z N E G O
W S Z C Z E C I N I E**

zapraszają na

PUBLICZNĄ OBRONĘ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. JERZEGO NEJRANOWSKIEGO

która odbędzie się w dniu **25 kwietnia 2018 r. (środa) o godz. 12⁰⁰**
w sali 302 gmachu Wydziału Budownictwa i Architektury
przy al. Piastów 50 w Szczecinie

Temat rozprawy doktorskiej:

**„Określenie poborów chwilowych ciepłej wody użytkowej
w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych”**

Promotor: **prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik**

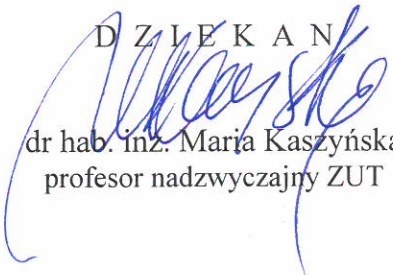
*Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie*

Recenzenci: **prof. dr hab. inż. Halinę Koczyk**
dr hab. inż. Dariusz Kowalski, prof. PL

*Politechnika Poznańska
Politechnika Lubelska*

Z rozprawą doktorską i opiniami Recenzentów zapoznać się można w Czytelni Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, mieszczącej się w Budynku Wydziału przy al. Piastów 50.

Streszczenie rozprawy doktorskiej w języku polskim i w języku angielskim oraz recenzje dostępne są na stronie: http://wbia.zut.edu.pl/wbia/awanse-naukowe/doktoraty/inzynieria_srodowiska.html

D Z I E K A N

dr hab. inż. Maria Kaszyńska
profesor nadzwyczajny ZUT

Określenie poborów chwilowych ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych

Streszczenie

Przedmiotem rozprawy jest metoda określania poborów chwilowych ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Na początku dokonano przeglądu metod określania obliczeniowego strumienia poboru wody w budynkach mieszkalnych stosowanych od XIX wieku, skoncentrowano się na metodach wykorzystujących teorię prawdopodobieństwa i stosowanych rozkładach statystycznych. Z przeprowadzonych analiz literaturowych wynikało, że dotychczas nie stosowano rozkładu uwzględniającego zmienność liczby czynnych punktów czerpalnych i zmienność pobieranego strumienia wody z tych punktów.

W związku z tym w pracy opracowano rozkład uwzględniający te dwa parametry. Powstały rozkład złożony jest z rozkładu Bernoulliego określającego zmienność liczby punktów czerpalnych i wykładniczego opisującego zmienność pobieranego strumienia wody. Korzystając z metody momentów określono zależności umożliwiające identyfikację parametrów tego rozkładu w oparciu o wyniki pomiarów poborów wody, oraz opracowano program komputerowy umożliwiający ustalenie zgodności proponowanego rozkładu z danymi pomiarowymi i obliczenie poborów o założonym prawdopodobieństwie przekroczenia.

Następnie opracowano koncepcję pomiarów poborów chwilowych ciepłej wody w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych z węzłami ciepłej wody użytkowej, zakupiono odpowiedni przepływomierz rejestrujący i wykonano całodobowe pomiary jej zużycia rejestrując pobory pięciosekundowe przez minimum 30 dób. Na podstawie danych pomiarowych dokonano identyfikacji parametrów opracowanego rozkładu i korzystając z opracowanego programu komputerowego sprawdzono ich zgodność z opracowanym rozkładem oraz określono pobory o różnym prawdopodobieństwie przekroczenia, które mogą być przydatne do określania przepływów w projektowanych budynkach.

Na zakończenie otrzymane wyniki porównano z wartościami maksymalnych poborów zarejestrowanych w czasie pomiarów oraz z wartościami przepływów obliczeniowych ustalonych w oparciu o PN-92/B-01706 i DIN 1988:2012.

W posumowaniu sformułowano wnioski dotyczące przydatności opracowanego rozkładu i wytyczne do dalszych analiz.

04.12.2017



Determination of hot water temporary intake in apartment blocks.

Summary

The subject matter of the doctoral thesis is determination of hot water temporary intake in apartment blocks. At the beginning of the thesis it was made the overview of analytical hot water flows determination methods in apartment blocks that had been applied since XIX century. The main emphasis was put on methods that used calculus of probability and on applied distributions used for description of variability of hot water consumption in building. The literature studies show, that the distribution taking variability of active draw-off points amount and water flow consumption from them into account wasn't applied until now.

Due to the above the distribution taking this two parameter into account was proposed in the thesis. The new distribution comprises of Bernoulli's distribution, that takes the active draw-off points amount into account and exponential distribution, that describes the variability of water flow consumption from these points. Relationships that enable the identification of this distribution parameters by moments method on the basis of results of hot water temporary intake measurements were determined in the thesis.

Then the measurements of hot water temporary intakes (duration: five seconds) in apartment blocks with thermal stations were conducted. The proper flow-meter was bought. Round-the-clock measurements of hot water consumption were conducted. The five seconds intakes during minimum of 30 days in eight buildings were recorded. On the basis of measurement data and developed computer program the distribution parameters for particular building were identified, the hot water temporary intakes with determined overdrawing probability were determined and the accordance between the taken distribution and measurements data was checked.

The property of taken distribution and obtained from measurements values of its parameters were used for hot water temporary intakes with demanded overdrawing probability determination for apartment blocks with water installations that consist of 20 – 500 sanitary appliances.

At the final part of the thesis the obtained results were compared to the values of maximum intakes that were recorded during the measurements and to the values of design flow calculated according to PN-92/B-01706 and DIN 1988:2012.

The summary of the thesis contains conclusions about usefulness of the formulated distribution and the guidelines for future analysis.

04.12.2017



dr hab. inż. Dariusz Kowalski, prof. PL
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 40B
20-618 Lublin

Lublin, 05.01.2018 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Jerzego Nejranowskiego
pt. „Określenie poborów chwilowych ciepłej wody użytkowej w budynkach
mieszkalnych wielorodzinnych”**

1. Podstawy formalne sporządzenia recenzji

Recenzja przygotowana została w związku z decyzją, z dnia 20.12.2017 r. Rady Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. O decyzji powołującej mnie na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr inż. Jerzego Nejranowskiego zostałem poinformowany przez Dziekana Wydziału, prof. dr hab. inż. Marię Kaszyńską, w piśmie z 20 grudnia 2017 r. Podstawą opracowania recenzji był przesłany na mój adres wydrukowany egzemplarz pracy.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Jerzego Nejranowskiego przygotowana na Wydziale Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, której promotorem jest prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik.

Rozprawa obejmuje 100 stron. Nie zawiera załączników. Podzielona jest na 9 rozdziałów. W pracy zamieszczono 38 rysunków oraz 13 tabel. Pracę uzupełnia wykaz literatury obejmujący 136 pozycji, wykaz ważniejszych oznaczeń oraz 3 streszczenia (w języku polskim, angielskim, rosyjskim i niemieckim).

3. Charakterystyka i ocena rozprawy doktorskiej

Podjęta tematyka badawcza

Podjęta tematyka badawcza nie jest nowa, choć wciąż aktualna. Określanie wielkości chwilowych poborów wody, zarówno ciepłej, jak i zimnej, stanowiło podstawę do wymiarowania stosownych instalacji. Od prawidłowości określenia tych poborów zależy więc prawidłowość opracowania projektu i późniejszego procesu eksploatacji. Na przestrzeni lat zmieniały i wciąż zmieniają się urządzenia związane z przygotowaniem i dostawą ciepłej wody do odbiorców. Zmieniają się także ich przyzwyczajenia i warunki poboru tej wody. W procesie projektowym uwzględnia się coraz to nowe czynniki takie jak niezawodność dostawy, komfort użytkowników, nowe urządzenia gospodarstwa domowego oraz aspekty środowiskowe takie jak oszczędność zużycia wody i energii. Opracowane w kolejnych latach metody określania chwilowych poborów wody stosunkowo szybko się dezaktualizują. Nie zawsze dotyczy to

samego aparatu matematycznego, choć i tutaj następuje stały postęp. Konieczne są więc ciągle badania wielkości chwilowych poborów wody zarówno zimnej jak i ciepłej, jak również poszukiwanie nowych, dokładniejszych metod prognozowania tych poborów. Biorąc pod uwagę powyższe uznaję, że podjęta przez mgr inż. Jerzego Nejranowskiego tematyka badawcza jest aktualna i spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim. Odpowiada ona dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska.

Strona formalna pracy

Jak wcześniej wspomniałem praca została podzielona na 10 rozdziałów, z czego ostatni stanowi wykaz literatury. Dodatkowo w pracy zamieszczono wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń, streszczenia w języku polskim, angielskim i niemieckim oraz spis treści.

Pierwszy rozdział „Wstęp” obejmuje wprowadzenie do tematyki badań, jak również krótkie uzasadnienie ich podjęcia. Następny rozdział obejmuje przegląd dotychczasowych metod określania obliczeniowego strumienia poboru wody, opracowany z podziałem na poszczególne kraje. Razem ze wstępem rozdział ten stanowi zasadniczy przegląd literatury. Jego czytelność ułatwia dołączone na zakończeniu podsumowanie. Z podsumowania bezpośrednio wynikają cele naukowe pracy oraz przyjęta przez Autora teza badawcza.

Rozdział 4 przedstawia przebieg prac koncepcyjnych związanych z przyjęciem matematycznego modelu strumienia poboru ciepłej wody z instalacji, który stanowi podstawę dalszych rozważań w ocenianej pracy. Przyjęcie tego modelu umożliwiło zaplanowanie procesu badań eksperymentalnych – plan i metodyka badań zostały zawarte w rozdziale 5, natomiast uzyskane wyniki przedstawiono w rozdziale 6.

Rozdział 7 to estymacja parametrów przyjętego wcześniej modelu matematycznego, w oparciu o uzyskane wyniki badań. Kolejny rozdział prezentuje opracowanie Autorskiej metody prognozowania rozborów chwilowych o zadanym prawdopodobieństwie przekroczenia przyjętej wartości maksymalnej, w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Rozdział ten jest kluczowy w kontekście przyjętych celów pracy i założonej tezy badawczej. Kolejną część pracy stanowią podsumowanie i wnioski.

Przyjęty układ pracy jest poprawny, niemal klasyczny w tego typu opracowaniach. Podjęty wątek badawczy jest konsekwentnie realizowany we wszystkich etapach. Praca jest spójna i prowadzi od początkowych założeń do rozwiązania postawionych problemów. Sposób cytowania, jak również strona edycyjna są poprawne. Biorąc pod uwagę powyższe oceniam, że praca spełnia wymogi formalne stawiane rozprawom doktorskim.

3.1. Ocena poszczególnych rozdziałów pracy

Streszczenie

Streszczenie dobrze oddaje zakres, jak również dobrze charakteryzuje pracę. Nieco ukryty został w tekście cel pracy, jednak nie wpływa to na moją ocenę tej części pracy. W przypadku późniejszego opublikowania pracy proponowałbym uzupełnić streszczenia w językach obcych o jej tytuły.

Spis treści

Nieco zaskakującym jest wg mnie brak numeracji stron w przygotowanym spisie. Utrudnia to odnajdywanie poszczególnych rozdziałów.

Zestawienie ważniejszych oznaczeń

Zestawienie to, choć znajduje się poniżej spisu treści, nie zostało w nim uwzględnione. Wprowadzenie tej części jest jak najbardziej celowe. Zauważam tu jednak trochę niekonsekwencji, nie wszystkie oznaczenia zawierają jednostki. Szereg oznaczeń wyjaśniono zbyt lakonicznie np. „współczynnik”, „jednostkowy”, „indeks”. Gęstość rozkładu posiada 2 oznaczenia „h” i „f”. Zamiast określenia „przepływ” proponowałbym „strumień objętości” lub „natężenie przepływu”.

Wstęp

Dołączony do pracy wstęp stanowi tak naprawdę krótkie do niej wprowadzenie, nieco „wymieszane” z przeglądem literatury. Wydaje mi się, że rozdzielenie tych treści podniosłoby czytelność pracy. Uzasadnienie podjęcia tematu pracy jest w tym rozdziale wyczerpujące. Po jego lekturze mam jedynie wątpliwość czy Autor porusza zagadnienie określania przepływów chwilowych w instalacjach ciepłej wody budynków mieszkaniowych czy także hotelowych, biurowych czy innych.

Przegląd metod określania obliczeniowego strumienia poboru wody

Rozdział ten stanowi zasadniczy przegląd literatury ocenianej rozprawy. Autor prezentuje w nim zarówno historię jak i stan obecny dotyczący dotychczas stosowanych metod określania obliczeniowych poborów wody. Zastosował w nim podział metod w zależności od kraju stosowania. Na podkreślenie zasługuje fakt sięgania przez Autora do publikacji źródłowych, w tym z początku wieku XX, co także godne podkreślenia w czterech różnych językach,

Dokonany przegląd obejmuje przede wszystkim metody zalecane do stosowania przez inżynierów w procesie projektowania instalacji wewnętrznych, w wybranych krajach. Świadczy o dobrej znajomości tego tematu przez Autora. Na jego początku brakuje jednak moim zdaniem wyjaśnienia dlaczego przeglądem objęto metody z tych a nie innych krajów.

W ocenianym przeglądzie Autor skupił się na metodach probabilistycznych, ze szczególnym uwzględnieniem rozkładu Bernoulliego. Jest to uzasadnione podejście w kontekście dalszej części rozprawy. Szkoda jednak, że wybór tego rodzaju metod nie został poprzedzony analizą innych metod opartych np. o szeregi czasowe czy zbiory rozmyte. Badania na ten temat prowadzone były między innymi w Politechnice Lubelskiej, Warszawskiej, a także w Centre for Water Systems w Wielkiej Brytanii. Warto także byłoby odnieść się szerzej do prac prowadzonych w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym – odniesienia te znajdują się w innych rozdziałach pracy.

W rozdziale pojawiają się usterki edycyjne np. stosowanie operatora mnożenia wektorowego „x” zamiast arytmetycznego „.” w cytowanych wzorach. Jakość niektórych rysunków jest niska. Nie wpływa to jednak na wartość merytoryczną podanych informacji.

Cel, zakres i teza pracy

Rozdział ten na początkowym etapie stanowi swego rodzaju powtórzenie podsumowania przeglądu literatury. Ze względu na brak przedstawienia w przeglądzie literatury cytowanych tutaj prac Szaflika w rozdziale tym znalazło się nieuprawnione

stwierdzenie o wyborze 5-cio sekundowych odstępów pomiarowych przy określaniu poborów miarodajnych.

Przyjęta w pracy teza: „*Model poboru ciepłej wody opisany rozkładem złożonym z rozkładu opisującego zmienność liczby czynnych punktów czerpalnych i rozkładu opisującego zmienność strumienia pobieranej wody z pojedynczego punktu może służyć do określenia poborów chwilowych w instalacji ciepłej wody o założonym prawdopodobieństwie przekroczenia*”, daje podstawę do dalszych działań badawczych Autora. Podjęte na jej podstawie cele badawcze mają charakter zarówno naukowy, jak i aplikacyjny. Zostały one sformułowane poprawnie. Ich kolejne osiągnięcie umożliwi Autorowi udowodnienie przyjętej tezy.

Przyjęcie matematycznego modelu strumienia poboru ciepłej wody z instalacji

Rozdział ten stanowi moim zdaniem kluczową część pracy. Dalsze rozważania są konsekwencją przyjętego tu modelu. Przyjęte założenia modelowe są słuszne. Autor łączy w nich rozkład Bernoulliego z rozkładem wykładniczym w tzw. złożony rozkład Bernoulliego, co pozwala na uwzględnienie zarówno liczby otwartych zaworów czerpalnych, jak również stopnia ich otwarcia. Na tym etapie autor posługuje się najprawdopodobniej wynikami dwóch grantów realizowanych w zespole prof. Szaflika. Brakuje jednak udowodnienia, że do określania stopnia otwarcia zaworu czerpального można stosować rozkład wykładniczy, a tym bardziej przyjmowania wartości parametru λ tego rozkładu. Informacje na ten temat powinny znaleźć się we wcześniejszym przeglądzie literatury, jak to miało miejsce z rozkładem Bernoulliego. W przeciwnym razie założenie to należy traktować jako hipotezę badawczą wymagającą późniejszego udowodnienia.

Inne założenie wymagające wyjaśnienia na etapie przeglądu literatury dotyczy niezależności liczby otwartych zaworów i strumieni pobranej wody. Warto byłoby dotrzeć do wyników badań innych autorów na ten temat lub przeprowadzić stosowny test zależności.

Charakterystyka pomiarów

Tytuł rozdziału jest nieco mylący. Przy ewentualnej publikacji wyników badań proponowałbym klasyczne określenie „Obiekt i metodyka badań”.

Wybór obiektów badań został przez Autora dobrze uzasadniony i jest moim zdaniem prawidłowy.

Nieco zastrzeżeń budzi wykorzystanie przez Autora dokumentacji udostępnionej przez zarządców budynków. Liczba mieszkańców rzeczywiście korzystających z instalacji może być różna od deklarowanej. Podobnie może wyglądać sprawa wyposażenia mieszkań, które po kolejnych remontach mogło się znacząco zmienić. Warto byłoby w tym względzie podać np. czas eksploatacji budynków, co pozwoliłoby przynajmniej w sposób przybliżony określić prawdopodobieństwo zmian tego wyposażenia. Warto byłoby także odnieść się do pytania czy obok wymienionego wyposażenia nie występowały inne urządzenia pobierające ciepłą wodę z instalacji (np. określonego typu pralki czy zmywarki)?

Ponownie pojawia się założenie o 5-cio sekundowym poborze ciepłej wody. Bez wcześniejszego uzasadnienia założenie to jest nieuprawnione. W założeniach ogólnych układu badawczego nie sprecyzowano celu pomiarowego. Zdanie „*Mierzony był pobór maksymalny chwilowy (5 sekundowy), który nie zależy od poborów godzinowych czy*

dobowych również od rodzaju dnia tygodnia. Wobec powyższego pomiary były prowadzone ciągle we wszystkie dni tygodnia (robocze, wolne i świąteczne)”, nie wyjaśnia czy celem pomiarów była rejestracja wielkości czy częstości występowania poborów maksymalnych.

Przy opisie zastosowanego przepływomierza brakuje wskazania czasu uśredniania wyników. Bezinwazyjne przepływomierze ultradźwiękowe mają fabrycznie czas ten ustawiany od 5 do 15 s. Bardzo dobrym rozwiązaniem była budowa specjalnych odcinków pomiarowych. Z pewnością podniosło to jakość uzyskiwanych wyników. Niestety na fotografiach 5.2 i 5.3 Autor zaprezentował moim zdaniem nieprawidłowy sposób montażu sond pomiarowych – zbyt krótki odcinek pomiędzy trójnikiem, gwałtownym zwężeniem i rozszerzeniem rury a sondami (mniej niż 3D przed i mniej niż 5D za sondami). Odległość pomiędzy wodomierzem a sondami powinna być moim zdaniem większa niż 30D). Zastosowany odcinek pomiarowy Dn25 wstawiono do rurociągu Dn50 co wprowadziło dodatkowe opory miejscowe, choć z drugiej strony podniosło czułość układu pomiarowego. Czy producent sprzętu pomiarowego dopuszcza montaż sond praktycznie tuż za trójnikiem i gwałtownym zwężeniem przewodu?. Dodatkowo na wspomnianych fotografiach warto byłoby opisać przedstawione sondy (przepływ, temperatura), jak również zaznaczyć kierunki przepływu wody.

W opisie zabrakło moim zdaniem informacji dotyczących wysokości ciśnienia ciepłej wody wychodzącej z węzła cieplnego. Przy utrzymywaniu stałej jego wysokości nie ma to takiego znaczenia jak w przypadku braku takiej stabilności. Wysokość ciśnienia wpływa bezpośrednio na wydajność zaworów czerpalnych.

Ze względu na wspomniany wcześniej brak opisu sposobu uśredniania wyników przez przepływomierz nadal niejasne jest dla mnie stwierdzenie rozpoczynające rozdział 5.2.4: „Mierzono przepływ chwilowy i rejestrowano średnie pobory ciepłej wody z okresów pięciosekundowych (zapis co 5 sekund)”. Czy przepływomierz pozwalał na rejestrację przepływów chwilowych co 5 sekund czy podawał wartości uśrednione dla tych odstępów czasowych? Jak często mierzono temperaturę?

W tabeli 5.2. pojawiają się wartości ujemne natężenia przepływu. Czy Autor mógłby wyjaśnić dlaczego?

Rozdział 5.3.1. stanowi powtórzenie treści zawartych w 5.2.2. Moim zdaniem z punktu widzenia czytelności pracy nie było to konieczne.

Zastosowanie metody różniczkowej wyznaczenia błędu względnego jest celowe i zostało przeprowadzone poprawnie. W świetle przedstawionej powyżej uwagi na temat sposobu montażu z rys. 5.4 mam jednak wątpliwości czy Autor przyjął prawidłową wartość deklarowanego przez producenta błędu pomiaru prędkości średniej.

Biorąc pod uwagę przedstawiony w rozdziale 5.3.3. dolny zakres pomiaru przepływomierza oraz zmierzone wartości natężenia przepływu podane w tabeli 5.2. warto zadać pytanie o późniejszą interpretację wielkości $0,00242 \text{ dm}^3/\text{s}$ (mniejsze od dolnego progu pomiarowego dla rury Dn25) i mniejszych. Czy były one pomijane czy uwzględniane w dalszych rozważaniach?

Wyniki pomiarów

Analizowane pomiary obejmowały znaczny obszar czasu (marzec 2001 – październik 2003). Wykorzystanie jednego przepływomierza spowodowało jednak, że realizowano je

kolejno budynek po budynku. Warunki pomiarów były więc dla każdego z nich różne. Mamy to do czynienia z okresem zimowym, wiosennym letnim i jesiennym, To utrudnia znacząco interpretację uzyskiwanych wyników.

Różnica wskazań przepływomierza i wodomierza, jak słusznie zauważył Autor była do przewidzenia, ze względu na różnice dokładności i progu rozruchu obu urządzeń.

Sposób prezentacji wyników pomiarów jest prawidłowy. Wykresy poborów chwilowych, jak również uporządkowanych wartości chwilowych pozwalają Autorowi na właściwy opis zjawiska. Ciekawy, jest wg mnie wniosek, że „*Pobory dobowe mają zauważalny związek z rodzajem dnia tygodnia, natomiast pobory dobowe nie mają wyraźnego związku z poborami chwilowymi*”. Szkoda, że nie wynika on z treści przedstawionych wyników pomiarów, a stanowi cytat z innego opracowania. Wniosek ten jest szczególnie ważny w kontekście wspomnianych powyżej różnych warunków realizacji pomiarów.

Przedstawione w dalszej części rozdziału analizy są przeprowadzone prawidłowo. Dają też Autorowi podstawy do rozważań przedstawionych w rozdziale kolejnym.

Estymacja parametrów modelu matematycznego

Bazując na rozważaniach z rozdziału 4-go Autor skupił się na wykorzystaniu do opisu statystycznego zebranych danych tzw.. złożony rozkład Bernoulliego. Następnie ze względu na dużą liczbę wyników pomiarów (518 tys. dla każdego obiektu) podał metodykę wyboru próbki reprezentatywnej tych pomiarów. Nie do końca zgadzam się ze stwierdzeniem, że konieczne jest przygotowanie takiej obróbki. Istnieją już narzędzia, które pozwalają na stosunkowo łatwą obróbkę dużych ilości danych. Nie mniej jednak uznaję prawo Autora do wyboru metody badawczej. W opisie przedstawionej metodyki wyboru próbki badawczej brakuje jednak moim zdaniem odpowiedzi na pytanie dlaczego Autor wybrał 30 minutowe odstępy czasu. Czy wynika to z badań innych autorów czy jest własnym wkładem Autora? Przy ewentualnej publikacji wyników badań warto byłoby uzupełnić ten rozdział o stosowne cytowania lub przeprowadzoną analizę. Dodatkowo wydaje mi się, że ograniczenie próbki reprezentatywnej do 32 elementów utrudniło Autorowi wnioskowanie. Pojawia się bowiem pytanie o minimalną liczbę danych w zbiorze, na bazie którego będą wyznaczane parametry złożonego rozkładu Bernoulliego.

Nie do końca jest też dla mnie jasne dlaczego w zbiorze reprezentatywnym pominięto wartości początkowe. Warto byłoby przywołać tu wyniki badań innych autorów bądź przeprowadzić własną analizę. Z wykresu 7.1. wynika, że różnica pomiędzy pierwszymi elementami zbioru wyników a zbioru reprezentatywnego wynosi $0,8 - 0,53 = 0,27 \text{ dm}^3/\text{s}$. Wątpliwości budzi opis kilku wykresów (np. 7.2 do 7.6). Brak tam legendy. Krzywa teoretyczna to prawdopodobnie prosta regresji etc.

W dalszej części rozdziału pojawia się pewna niekonsekwencja. Wcześniej Autor przedstawia wybór próbki reprezentatywnej, dalej wykorzystuje niemal wszystkie (16 godzin) zebrane wyniki z danej doby. Powoduje to nieco zamieszania i utrudnia czytelnikowi zrozumienie metodyki prowadzonych działań.

Przyjęta metodyka badań statystycznych jest prawidłowa. Oczywiście można dyskutować nad wyborem metod estymacji. Wykorzystanie programu Statistica dałoby Autorowi możliwość zastosowania większego wachlarza narzędziowego, jednak doceniam tu wkład pracy związany z samodzielnym opracowaniem formuł i realizacji prac

obliczeniowych w Excelu. Na ich podstawie Autor wyznaczył wartości poszukiwanych parametrów modelu wykorzystywanych w dalszej części pracy związanej z prognozowaniem wielkości poborów chwilowych. Uzyskane rezultaty analiz zgodności danych pomiarowych z wielkościami modelowymi można uznać za satysfakcjonujące. Tym samym udało się Autorowi udowodnić przyjętą tezę badawczą i osiągnąć pierwsze 4 cele badawcze.

Prognozowanie rozbiorów chwilowych o zadanym prawdopodobieństwie przekroczenia w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych

Rozdział ten ma charakter aplikacyjny. Opracowany i zweryfikowany model rozkładu prawdopodobieństwa występowania poborów chwilowych zastosowano do opracowania metody ich prognozowania.

Na początku rozdziału Autor dokonał swego rodzaju uśrednienia parametrów p i λ dla wszystkich pomiarów. Wykorzystując te wartości obliczył przepływy o prawdopodobieństwie przekroczenia przyjętej wartości maksymalnej w wysokości 0,0001% dla instalacji o różnej liczbie punktów poboru (od 20 do 500). Bardzo enigmatycznie przedstawił tu narzędzie obliczeniowe. Uzyskane rezultaty obliczeń wskazują, że 75% zarejestrowanych wartości maksymalnych mieści się w przedziale wynikającym ze zmienności parametrów modelu przy prawdopodobieństwie przekroczenia 0,0001%. Autor uzasadnił w dalszej części rozdziału dlaczego przyjął tak niską wartość prawdopodobieństwa. Wskazał także na przewagę swojego rozwiązania w porównaniu do metod Huntera i Šopenskiego.

Propozycja wykorzystania wartości prawdopodobieństwa dostępu do punktów czerpalnych, jak również pomiarów dobowych natężenia przepływu wody cieplej jest bardzo interesująca i wystarczająco udokumentowana.

Porównanie uzyskiwanych wyników pomiarowych z wielkościami obliczonymi z modelu, a także z cytowanych przez Autora norm wskazuje, że opracowane przez Autora równanie aproksymujące wielkość strumienia objętości cieplej wody może być stosowane w praktyce. Wykorzystanie tego wzoru powinno pozwolić na ograniczenie stopnia przewymiarowania urządzeń związanych z przygotowaniem i dostawą c.w.u. Tym samym Autor osiągnął ostatni z deklarowanych celów pracy.

Podsumowanie i wnioski

Zawarte w pracy podsumowanie jest przejrzyste i dobrze oddaje jej treść. Przedstawione wnioski zostały sformułowane poprawnie i dobrze udokumentowane.

Bibliografia

Ogółem Autor wykazał 136 cytowanych pozycji literatury, z czego 18 z ostatnich dziesięciu lat. W języku angielskim zacytował 19 prac, rosyjskim 17 i niemieckim 10. W podanym wykazie znalazło się 18 prac (w tym 2 w języku angielskim) których był autorem lub współautorem. Bibliografię uzupełniają 2 akty prawne, 13 norm oraz 2 projekty badawcze, w których Autor występował jako główny wykonawca.

4. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę przedstawioną powyżej charakterystykę pracy, wraz wskazanymi uwagami krytycznymi należy uznać, że Autor udowodnił przyjętą tezę badawczą. Zrealizował także wszystkie postawione cele badawcze. Oryginalnym osiągnięciem Autora jest opracowanie metodyki prognozowania wielkości poborów chwilowych, bazującej na złożonym rozkładzie Bernoulliego, uwzględniającym zarówno częstość otwarć zaworów czerpalnych, jak również stopień tego otwarcia. Metodyka ta może być stosowana także w przyszłości, w związku z ciągłym rozwojem urządzeń sanitarnych i zmian w sposobie ich użytkowania. Opracowana przez Autora uproszczona formuła aproksymacyjna, może stanowić podstawę do wymiarowania instalacji c.w.u. Stanowi to znaczące osiągnięcie aplikacyjne Autora.

Przy opracowywaniu niniejszej rozprawy Autor nie ustrzegł się szeregu potknięć wskazanych w niniejszej recenzji. Nie wszystkie wymagają wyjaśnienia na obecnym etapie – przed publikacją wyników. W związku z powyższym proponuję aby Autor odniósł się do następujących kwestii:

- *Dlaczego Autor skupił się na metodach probabilistycznych, ze szczególnym uwzględnieniem rozkładu Bernoulliego, pomijając inne metody oparte np. o szeregi czasowe czy zbiory rozmyte?*
- *Na jakiej podstawie Autor przyjął założenie o niezależności liczby otwarć zaworów i strumieni pobieranej przez użytkowników instalacji wody?*
- *Jakie były podstawy przyjęcia założenia o 5-cio sekundowym poborze ciepłej wody?*
- *Czy i w jakim okresie czasu zastosowany przepływomierz uśredniał chwilowe wartości pomiarów?*
- *W jaki sposób nieprawidłowy montaż sond pomiarowych wpływa na wielkość błędu pomiarowego zastosowanego przepływomierza?*
- *Czy ciśnienie na wyjściu z węzła cieplnego może wpływać na wielkość chwilowych poborów wody?*
- *Dlaczego do budowy reprezentatywnego zbioru danych pomiarowych Autor wybrał 30 minutowe odstępy czasu oraz dlaczego pominął w tym zbiorze pierwszy element o najwyższej wielkości poboru?*

5. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Jerzego Nejranowskiego pt. „*Określenie poborów chwilowych ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych*” jest oryginalnym, naukowym osiągnięciem Autora i spełnia wymagania określone w Ustawie z dn. 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. W związku z tym, wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



prof. dr hab. inż. Halina Koczyk
Politechnika Poznańska
Instytut Inżynierii Środowiska
Zakład Ogrzewnictwa, Klimatyzacji i Ochrony Powietrza
ul. Berdychowo 4
61-131 Poznań

Poznań, 19.02.2018r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jerzego NEJRANOWSKIEGO pt.

„Określenie poborów chwilowych ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych”

promotor: prof. dr hab. inż. Władysław SZAFLIK

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano na zlecenie Pani Dziekan Wydziału Budownictwa i Architektury dr hab. inż. Marii Kaszyńskiej, prof. nadzw. Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie – zgodnie z decyzją Rady Wydziału BiA ZUT z dnia 20.12.2017.

2. Krótka charakterystyka pracy

Praca pt. „Określenie poborów chwilowych ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych” obejmuje 99 stron wraz z rysunkami.

Tekst podzielono na trzy części: wstępną obejmującą: streszczenia w trzech językach, zestawienie ważniejszych oznaczeń i wstęp, część przeglądową zawierającą podstawy wymiarowania przewodów instalacji wodociągowych poprzez określenie poborów wody oraz część podstawową podzieloną na siedem rozdziałów. Całość zakończono wykazem bibliografii zawierającym również normy i przepisy.

Spis literatury zawiera 136 pozycji, w tym 45 obcojęzycznych. W literaturze znajduje się 19 pozycji Autora, wszystkie z Promotorem.

Praca dotyczy ważnej problematyki związanej z zaopatrzeniem budynków, w szczególności mieszkalnych, w ciepłą wodę użytkową. Jest to ważny składnik zużycia energii cieplnej, którego względny udział w całkowitym zużyciu stale rośnie w stosunku do zapotrzebowania ciepła na cele ogrzewania w wyniku polepszania izolacyjności cieplnej przegród budynku.

Równocześnie wystąpiła tendencja do zmiany rozwiązań układów przygotowania c.w.u. z zasobnikowych na bezzasobnikowe, a aktualnie projektowane węzły cieplne to najczęściej węzły cieplne pracujące na potrzeby c.o. i c.w.u. bez elementów akumulacyjnych, z priorytetem przygotowania c.w.u. Do wymiarowania takich węzłów potrzebne są przepływy chwilowe ciepłej wody.

Racjonalne projektowanie, wykonanie i właściwa eksploatacja układów do przygotowania i rozprowadzenia ciepłej wody jest problemem bardzo ważnym z punktu widzenia technicznego, ekonomicznego i ekologicznego. Pozwala ograniczyć nadmierne zużycie energii pierwotnej (np. poprzez wykorzystanie energii słonecznej, indywidualne rozliczanie zużycia energii przez użytkowników itp.), przyczynia się do mniejszego zanieczyszczenia środowiska produktami spalania oraz zmniejsza koszty eksploatacyjne.

Wybór przez Doktoranta tematyki zaopatrzenia budynków w ciepłą wodę użytkową uważam za aktualny, trafny i potrzebny.

Celem rozprawy według Autora jest opracowanie nowego modelu umożliwiającego określenie chwilowych poborów c.w.u. w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych.

Opracowanie takiego modelu wymaga, oprócz zaproponowania, niestosowanego dotychczas w obliczeniach rozbiorów c.w.u., rozkładu stanowiącego złożenie rozkładu Bernoulliego i rozkładu wykładniczego, identyfikację parametrów modelu, jego weryfikację w oparciu o wyniki pomiarów oraz interpretację możliwości dalszych zastosowań. Takie zadania badawcze zrealizowano w pracy.

W rozdziale drugim przedstawiono przegląd metod określania obliczeniowego strumienia poboru wody. Przegląd ten jest bardzo szczegółowy i uwzględnia metody podręcznikowe, normowe, zawarte w rozporządzeniach i literaturze przedmiotu, dzieląc je na podrozdziały obejmujące: Niemcy, USA, Związek Radziecki i Polskę. Podsumowanie tego rozdziału stanowi dotychczasowy zakres stosowania metod opartych na rachunku prawdopodobieństwa.

W rozdziale trzecim podano cel, zakres i tezę pracy. Teza jest sformułowana w sposób jasny i skorelowana z celem rozprawy, a obejmująca takie sformułowania jak model poboru ciepłej wody, rozkład opisujący zmienność

liczby czynnych punktów czerpalnych, rozkład opisujący zmienność strumienia wody pobieranej z pojedynczego punktu czerpального, prawdopodobieństwo przekroczenia poborów chwilowych. Do tak sformułowanych celu i tezy nie wnoszę zastrzeżeń.

Już przy pierwszym czytaniu rozprawy można stwierdzić, że cel i zakres rozprawy mają charakter dysertabilny.

Rozdział czwarty zawiera model matematyczny strumienia poboru ciepłej wody z instalacji, a więc założenia ogólne i równania opisujące złożony rozkład Bernoulliego z rozkładem wykładniczym.

Rozdziały piąty i szósty stanowią opis części eksperymentalnej pracy obejmującej pomiary poboru ciepłej wody w ośmiu węzłach cieplnych obsługujących wielorodzinne budynki mieszkalne zlokalizowane w różnych dzielnicach miasta, różnej wielkości i liczbie mieszkańców oraz różnym wieku czyli różnym terminie zasiedlenia mieszkań. Wspólną cechą badanych budynków było zastosowanie wodomierzy mieszkaniowych ciepłej i zimnej wody oraz sposób zasilania z miejskiej sieci ciepłowniczej. Węzły cieplne na cele c.w.u. pracowały w układzie szeregowo-równoległym.

Rozdział piąty obejmuje charakterystykę badanych budynków, opis użytej aparatury pomiarowej i ogólną charakterystykę układu pomiarowego oraz analizę niepewności pomiarów.

Rozdział szósty zawiera wizualizację wybranych wyników pomiarów w formie przebiegów dobowych poboru wody dla dnia roboczego, soboty i niedzieli i ich uporządkowane przebiegi dla budynków najmniejszego i największego, a także analizę wyników pomiarów.

W rozdziale siódmym określono parametry rozkładu na podstawie danych pomiarowych. W tym celu wybrano próbę reprezentatywną, przedstawiono dla niej uporządkowany wykres poborów, a następnie sprawdzono zgodność rozkładu teoretycznego z danymi pomiarowymi z obiektów dla poborów w czasie doby i w całym okresie pomiarów. Interpretację graficzną dopasowania uzyskanych rozkładów teoretycznych z danymi pomiarowymi dla wybranych dni zamieszczono w rozprawie dla wybranych budynków: najmniejszego oraz największego.

Rozdział ósmy zawiera interpretację dalszych zastosowań opracowanego modelu oraz ocenę wyników modelu w porównaniu z wynikami ustalonymi zgodnie z normami: polską i niemiecką. W rozdziale tym pokazano m.in. zastosowanie opracowanego modelu do określenia poborów o zadanym prawdopodobieństwie przekroczenia (wykresy w funkcji liczby przyborów dla instalacji do 500 przyborów). Otrzymane wyniki porównano z wartościami

maksymalnych poborów uzyskanymi w trakcie pomiarów oraz z wartościami projektowymi według wspomnianych norm.

Rozdział dziewiąty zawiera podsumowanie wyników pracy, a także kierunki dalszych prac.

Częstkowe zadania badawcze pracy zostały zrealizowane, a postawiona teza rozprawy – udowodniona.

Osiągnięte zostały cele pracy: poznawczy, czyli nowe modelowe ujęcie określania poborów chwilowych c.w.u. w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych oraz aplikacyjny, tj. dostarczenie narzędzia do projektowania układów przepływowych przygotowania ciepłej wody.

Układ pracy jest logiczny i nie budzi zastrzeżeń, co dowodzi umiejętności właściwego przedstawienia problemu naukowego, sposobu jego rozwiązania oraz uzyskanych wyników.

3. Uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne

W trakcie opracowywania opinii nasunęły mi się następujące uwagi krytyczne, głównie o charakterze dyskusyjnym.

1. Uważam, że część przeglądowa, zawierająca podstawy wymiarowania przewodów instalacji wodociągowych poprzez określenie poborów wody, zawarta w rozdziale drugim, jest w proporcji do pozostałych rozdziałów stosunkowo długa. Równocześnie ma aspekt historyczny, co może być usprawiedliwieniem tej proporcji.
2. Autor wykorzystał do określenia parametrów rozkładu stanowiącego model poborów chwilowych c.w.u. wyniki pomiarów sprzed kilkunastu lat. Moim zdaniem należałoby np. dla wybranego budynku przeprowadzić dodatkowe aktualne pomiary sprawdzające.
3. Interesuje mnie również sposób ustalenia liczby przyborów w charakterystyce budynków. Czy uwzględniano wszystkie przybory, czy wybrane wg jakichś zasad?
4. Mój niedosyt budzi również brak porównania wyników zaprezentowanego modelu z modelem, opracowanym przez Szaflika, zużycia ciepłej wody w dłuższym czasie, polegającym na złożeniu rozkładu Poissona i rozkładu wykładniczego. Sądzę, że może to być wskazówką dotyczącą dalszych prac.

Istnieje również kilka drobniejszych przeoczeń, których nie przytaczam.

4. Ocena pracy i wniosek końcowy

Mgr inż. Jerzy Nejranowski w rozprawie doktorskiej, przygotowanej pod opieką prof. dr hab. inż. Władysława Szaflika, rozważał ważną problematykę zaopatrzenia w c.w.u. budynków mieszkalnych i połączył w sposób właściwy modelowanie statystyczne z wynikami pomiarów eksploatacyjnych. Przedstawione uwagi nie umniejszają wartości pracy. Założony cel naukowy został zrealizowany, a uzyskane wyniki mają charakter użyteczny. Stwierdzam, że Doktorant potrafi formułować i rozwiązywać problemy naukowe oraz potrafi je wykorzystać również dla celów inżynierskich.

Jestem przekonana, że przedstawiona praca doktorska mgr inż. Jerzego Nejranowskiego odpowiada wymaganiom Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wnoszę więc do Wysockiej Rady Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o dopuszczenie jej do publicznej dyskusji.

H. Kozył

Uchwała nr 151/2017/2018
Rady Wydziału Budownictwa i Architektury
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego
w Szczecinie
z dnia 25 kwietnia 2018 r.

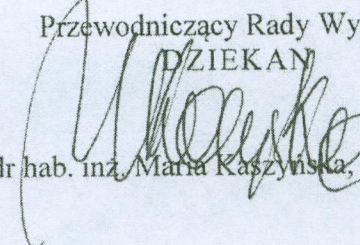
w sprawie: **nadania mgr inż. Jerzemu Nejranowskiemu stopnia naukowego**
doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska

§ 1.

Rada Wydziału Budownictwa i Architektury Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie po zapoznaniu się z przebiegiem przewodu doktorskiego, wynikami egzaminów doktorskich, opiniami recenzentów i wysłuchaniu obrony rozprawy doktorskiej mgr inż. Jerzego Nejranowskiego na temat.: „*Określenie poborów chwilowych ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych*”, działając zgodnie z Ustawą z dnia 14.03.2003 r. „o tytule i stopniach naukowych” (Dz. U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z dn. 19 stycznia 2018 r., poz. 261), podejmuje uchwałę o nadaniu magistrowi inżynierowi Jerzemu Nejranowskiemu stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Rady Wydziału
DZIEKAN

dr hab. inż. Maria Kaszyńska, prof. ZUT