

Streszczenie

Niniejsza rozprawa doktorska dotyczy analiz doświadczalnych efektywności temperaturowej ε_T i efektywności odzysku energii cieplnej ε przy wykorzystaniu systemu odzysku ciepła odpadowego ze ścieków szarych współdziałającego z pionowym wymiennikiem ciepła typu „rura w rurze” w różnych warunkach eksploatacyjnych i odmiennych konfiguracjach projektowych tego systemu w aspekcie jego implementacji w instalacjach wodno-kanalizacyjnych obiektów mieszkalnych.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stanu wiedzy stwierdzono, że dotychczas publikowane badania nie uwzględniają analiz pionowych wymienników typu „rura w rurze”, a w tym analiz prowadzonych dla odmiennych konfiguracji systemu odzysku ciepła. Badania prowadzone w zakresie odzysku energii odpadowej ze ścieków szarych opierają się jedynie na analizach efektywności odzysku ciepła ε systemów odzysku ciepła nie uwzględniając rozpoznania i zdefiniowania wartości efektywności temperaturowej ε_T .

Podstawą do wykonania analiz doświadczalnych efektywności temperaturowej ε_T i efektywności odzysku ciepła ε był model fizyczny systemu odzysku ciepła wyposażony w dwa pionowe wymienniki typu „rura w rurze” o odmiennych długościach. Model ten umożliwił przeprowadzenie kompleksowych badań symulacyjnych funkcjonowanie instalacji przygotowywania *c.w.u.* i odzysku ciepła w warunkach zbliżonych do rzeczywistych dla szerokiego zakresu zmiennych wejściowych zdefiniowanego w planie badawczym.

W ramach realizacji celu pracy oraz weryfikacji postawionych tez opracowano model obliczeniowy umożliwiający wyznaczenie efektywności energetycznej ε systemu odzysku ciepła odpadowego i instalacji przygotowania *c.w.u.* dla trzech odmiennych konfiguracji projektowych.

Opracowano model rachunku kosztów cyklu życia systemu odzysku ciepła odpadowego ze ścieków szarych i instalacji przygotowania *c.w.u.* dla przypadku studyjnego opierając się na założeniach metodologii *Life Cycle Cost (LCC)*. Analiza finansowa została rozszerzona o analizę wrażliwości inwestycji z uwzględnieniem ryzyka związanego z ewentualnymi zmianami średniorocznych kosztów wytwarzania energii elektrycznej w polskim systemie elektroenergetycznym.

Rozwój badań w tematyce odzysku ciepła odpadowego w instalacjach wodno-kanalizacyjnych obiektów mieszkalnych może przyczynić się do popularyzacji technologii odbioru energii ze ścieków, których aplikacja może zauważalnie obniżyć zapotrzebowanie energetyczne i koszty utrzymania budynku.

Abstract

This doctoral dissertation is focused on the analysis of experimental studies on the temperature efficiency ε_T and the heat recovery efficiency ε in utilizing a waste heat recovery system from graywater, which operates in conjunction with a vertical heat exchanger of the "pipe-in-pipe" type under various operating conditions and different design configurations of this system, regarding its implementation in water and graywater installations of residential buildings.

Based on the analysis of existing knowledge, it has been observed that previous published research does not consider analyses of vertical "pipe-in-pipe" heat exchangers, including analyses conducted for different configurations of the heat recovery system. The studies conducted on the recovery of waste heat from graywater only rely on analyses of energy efficiency ε of heat recovery systems, without considering the recognition and definition of temperature efficiency ε_T values.

The basis for conducting experimental analyses of temperature efficiency ε_T and energy efficiency ε was a research model of the heat recovery system equipped with two vertical "pipe-in-pipe" heat exchangers of different lengths. This model enabled comprehensive simulation studies of the operation of hot water preparation and heat recovery installations under conditions similar to real-life scenarios, encompassing a wide range of defined input variables specified in the research plan.

In order to achieve the goal of the study and verify the formulated theses, a computational model was developed to determine the energy efficiency ε of the graywater heat recovery system and the hot water preparation installation for three different design configurations. A life cycle cost calculation model was developed for the waste heat recovery system from graywater and the hot water preparation installation for the selected case study, based on the assumptions of the *Life Cycle Cost (LCC)* methodology. The financial analysis was expanded to include an investment sensitivity analysis considering the risk associated with potential changes in average annual electricity generation costs in the Polish power system.

Advancement in research on waste heat recovery in water and graywater installations of residential buildings can contribute to the popularization of technologies for harnessing energy recovery from graywater, whose application can significantly reduce energy demand and maintenance costs of buildings.