

## SPRAWNOŚĆ UŻYTKOWA SYSTEMU PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY W WĘZŁACH CIEPŁOWNICZYCH

Izabela MAŁECKA \*

Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska, ul. Wybrzeże St. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

**Streszczenie:** W dzisiejszych czasach coraz większy nacisk kładzie na się na oszczędność zużywanej energii, a co za tym idzie zmniejszenie kosztów opłat dostaw za ciepło. Celem każdej nowej inwestycji z zakresu instalacji jest utrzymanie zużycia poziomu energii na racjonalnie niskim poziomie zużycia. O zmniejszeniu zużycia energii należy pamiętać już na etapie projektowania. W przypadku już istniejących instalacji należy szukać takich rozwiązań konstrukcyjnych, aby ograniczyć straty energii i ciepła.

*Słowa kluczowe:* węzeł ciepłowniczy, efektywność energetyczna, ciepła woda użytkowa.

### 1. Wprowadzenie

Prawidłowo zaprojektowana i właściwie pracująca instalacja cyrkulacyjna ciepłej wody użytkowej powinna zapobiec wychłodzeniu wody w przewodach oraz utrzymać wymaganą temperaturę c.w.u. przed punktami jej poboru. Źle pracująca czy zaprojektowana instalacja cyrkulacyjna powoduje obniżenie temperatury c.w.u. w punkcie czerpalnym, co z kolei prowadzi do znacznych strat energii cieplnej, która musi być wykorzystana na podgrzanie wody do wymaganej temperatury, a co za tym idzie znacznych strat wody wodociągowej. Badania prowadzone przez Katedrę Klimatyzacji i Ciepłownictwa Politechniki Wrocławskiej w budynkach mieszkalnych MSM „Energetyk” wykazały, że na skutek zwiększonej izolacyjności cieplnej budynków, wzrósł udział kosztów przygotowania ciepłej wody użytkowej w całkowitym koszcie zaopatrzenia w ciepło budynku oraz zwiększyły się wymagania odbiorców dotyczące komfortu dostaw ciepłej wody (Syposz i Bartnicki, 2004). Zgodnie z przepisami zawartymi w „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lutego 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” (Dz. U. nr 33, poz. 270 ) instalacja ciepłej wody powinna zapewnić uzyskanie w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metod poprawy sprawności użytkowej systemu przygotowania ciepłej wody na podstawie zaproponowanej modernizacji struktury węzła ciepłowniczego. Zostaną omówione dwa sposoby poprawy współczynnika sprawności użytkowej: stabilizacja temperatury ciepłej wody oraz programowe sterowanie cyrkulacją.

### 2. Sprawność użytkowa systemu przygotowania ciepłej wody w węzłach ciepłowniczych

Wielkością charakteryzującą układ przygotowania ciepłej wody użytkowej w węzłach ciepłowniczych jest współczynnik sprawności użytkowej. Sprawność użytkowa  $\eta$  może być zdefiniowana jako stosunek ilości ciepła  $E_{cwu}$  zużytego do podgrzania ciepłej wody pobranej przez odbiorców w określonym przedziale czasu do całkowitej ilości ciepła zużytego w tym czasie w węźle na potrzeby ciepłej wody  $E_{cwc}$  (Syposz i Małeczka, 2008).

$$\eta = \frac{E_{cwu}}{E_{cwc}} \quad (1)$$

Ilość ciepła  $E_{cwu}$  zużytego do podgrzania ciepłej wody pobranej przez odbiorców możemy obliczyć z zależności:

$$E_{cwu} = 0,001 \cdot c_w \cdot V \cdot (t_{cw} - t_{wz}) \text{ [GJ]} \quad (2)$$

natomiast całkowita ilość ciepła zużytego na potrzeby ciepłej wody  $E_{cwc}$  jest sumą ilości ciepła  $E_{cwu}$  oraz strat ciepła cyrkulacji ciepłej wody  $E_{cyrk}$

$$E_{cwc} = E_{cwu} + E_{cyrk} \quad (3)$$

gdzie  $c_w = 4,18 \text{ GJ/kg}\cdot\text{K}$  jest właściwą pojemnością cieplną wody,  $V$  jest objętością zużytej ciepłej wody w  $\text{m}^3$ ,  $t_{cw}$  jest temperaturą ciepłej wody na wyjściu z węzła cieplnego (za wymiennikiem lub zasobnikiem) w °C,  $t_{wz}$  jest temperaturą wody zimnej na wejściu do węzła cieplnego w °C,

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: izabela.malecka@pwr.wroc.pl

Ze względu na brak możliwości dokładnego określenia (pomiaru) temperatury ciepłej wody w poszczególnych punktach czerpalnych jako ciepło użyteczne przyjęto także ciepło tracone przez ciepłą wodę w przewodach wodociągowych pomiędzy węzłem a punktami czerpalnymi.

Zgodnie z wymaganiami „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lutego 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.” (Dz. U. nr 33, poz. 270) wszystkie instalacje ciepłej wody (z wyjątkiem budynków jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej) muszą być wyposażane w instalację cyrkulacyjną, zapewniającą stały obieg wody. Również na odcinkach przewodów o objętości wewnętrznej powyżej 3 dm<sup>3</sup> prowadzonych do punktów czerpalnych wymagany jest stały obieg wody. Stosowanie instalacji ma zarówno pozytywne strony jak i negatywne. Dzięki zastosowaniu instalacji cyrkulacyjnej możliwe jest zapewnienie wymaganej temperatury wody w punktach czerpalnych (55-60°C), jednak jej działanie łączy się bezpośrednio z wystąpieniem dodatkowych strat ciepła wody cyrkulacyjnej oraz zwiększenie zużycia energii elektrycznej na napęd pompy cyrkulacyjnej. Same straty ciepła cyrkulacji mają znaczący wpływ na obniżenie sprawności użytkowej systemu przygotowania ciepłej wody. Działania prowadzące do poprawy sprawności użytkowej instalacji ciepłej wody użytkowej, i poprzez to zminimalizowanie strat energii, powinny obejmować m.in. (Syposz i Małecka, 2008):

- prawidłowe zwymiarowanie przewodów instalacji cyrkulacyjnej;
- instalowanie armatury regulacyjnej podpionowej;
- prawidłowy dobór pompy cyrkulacyjnej;
- izolacje przewodów cyrkulacyjnych;
- stosowanie perlatorów i baterii termostatycznych;
- wybór właściwej struktury włączenia przewodów w węzle ciepłowniczym;
- stabilizacja temperatury ciepłej wody;
- sterowanie cyrkulacją ciepłej wody użytkowej.

### 3. Stabilizacja temperatury ciepłej wody

Znane są wyniki wstępnych badań (obserwacji) związanych z stabilizacją temperatury ciepłej wody i sterowania cyrkulacją c.w.u. W istniejącym węzle ciepłowniczym zlokalizowanym w budynku mieszkalnym w Lubinie, zastosowano stabilizator ciepłej wody użytkowej o pojemności  $V = 500 \text{ dm}^3$ . Stabilizacja temperatury w węzle ciepłowniczym spowodowała zmniejszenie zużycia ciepła w skali roku na potrzeby c.w.u.

Na stabilizację temperatury (wielkość sterowana) ma wpływ charakterystyka dynamiczna obiektu regulacji, na którą składają się:

- wydajność pompy cyrkulacyjnej;
- schemat hydrauliczny systemu przygotowania ciepłej wody;
- pojemność i kształt zbiornika (wprowadzenie króćca

zasilającego);

- charakterystyka wymiennika ciepła.

Dla znanej charakterystyki obiektu regulacji powinien być dobrany odpowiedni typ regulatora i wartość nastaw dynamicznych.

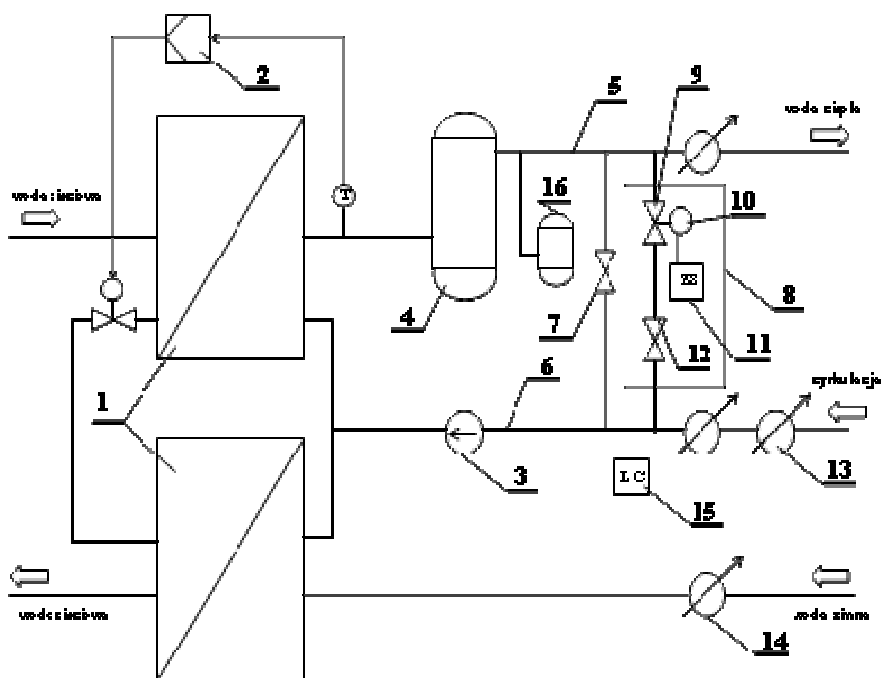
### 4. Programowe sterowania cyrkulacją

Wyniki badań prowadzonych przez Katedrę Klimatyzacji i Ciepłownictwa Politechniki Wrocławskiej wykazały, że w obiektach biurowych oszczędność energii układu przygotowania ciepłej wody użytkowej wzrosły o około 28% w skali roku (Jadwiszczak, 2006). Badania były prowadzone wrywkowo w budynku biurowym, więc nie powinno się ich uogólniać. W budynkach mieszkalnych często zdarza się, że spółdzielnie mieszkaniowe wyłączają pompy cyrkulacyjne w okresie nocnym. Takie rozwiązanie, pomimo, że pozwala na ograniczenie strat ciepła instalacji cyrkulacyjnej w okresie nocy, nie spełnia wymagań odnośnie zapewnienia minimalnej temperatury (55°C) jaka powinna być zapewniona w każdym punkcie czerpalnym w ciągu całej doby (Dz. U. nr 33, poz. 270).

### 5. Układ stabilizacji temperatury i programowego sterowania cyrkulacją

Aby poprawić sprawność użytkową systemu przygotowania ciepłej wody w węzłach ciepłowniczych, a tym samym obniżyć koszty dostawy ciepła, zaproponowano wdrożenie rozwiązania przedstawionego na rys. 1 (Kaczkowski i Syposz – zgłoszenie patentowe).

Zgodnie z rys. 1 zimna woda, doprowadzona do węzła, ulega podgrzaniu w wymiennikach ciepłej wody użytkowej (1) do zadanej temperatury. Ilość zimnej wody rejestrowana jest za pomocą wodomierza (14). Dostawa ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej jest sterowana za pomocą regulatora (2) oraz zaworu regulacyjnego. Ciepła woda, po wyjściu z wymiennika, trafia do zbiornika stabilizującego temperaturę (4). Dzięki zastosowaniu zbiornika możliwa jest kompensacja chwilowych wahań temperatury wody. Po wyjściu ze zbiornika woda płynąca przewodem rurowym (5) ma ustabilizowaną, określoną temperaturę. Ilość ciepłej wody jest mierzona za pomocą przepływomierza (17) zamontowanego na przewodzie. Dzięki zaworowi do nastawiania przepływu (7) możliwe jest sterowanie ilością wody. Naczynie wzbiorcze (16) stabilizuje pracę układu. Pomiędzy układem przygotowania ciepłej wody a przewodem z wodą cyrkulacyjną (6) włączono układ programowania cyrkulacji (8). Ruch wody cyrkulacyjnej wymuszany jest za pomocą pompy ładująco-stabilizującej (3). Sterowanie cyrkulacją umożliwi ograniczenie do wymaganego minimum ilości wody krążącej w instalacji cyrkulacyjnej, w okresie braku rozbioru wody (w godzinach nocnych). Ilość wody krążącej w instalacji jest sterowana za pomocą zaworu do nastawiania przepływu (12) oraz zaworu elektromagnetycznego (9)



Rys. 1. Schemat ideowy układu stabilizacji temperatury i programowego sterowania cyrkulacją (Kaczkowski i Syposz – zgłoszenie patentowe)

z napędem (10). Zawór elektromagnetyczny jest sterowany poprzez regulator (11). Ilość wody cyrkulacyjnej jest mierzona za pomocą przepływomierza zamontowanego na przewodzie (13). Ilość ciepła jest mierzona za pomocą ciepłomierza (15). Natomiast temperatura jest mierzona za pomocą czujników temperatury. Układ stabilizacji temperatury oraz programowego sterowania cyrkulacją (rys. 2) jest sterowany przez oddzielny regulator wprowadzony do węzła (11).



Rys. 2. Układ stabilizacji temperatury i programowego sterowania cyrkulacją

Przez zastosowanie powyższego rozwiązania (Kaczkowski i Szyposz – zgłoszenie patentowe) uzyskuje się:

1. możliwość ustawienia zgodnej z normą, minimalnej wartości strumienia wody krążącej w instalacji cyrkulacyjnej; regulację umożliwia zamontowany

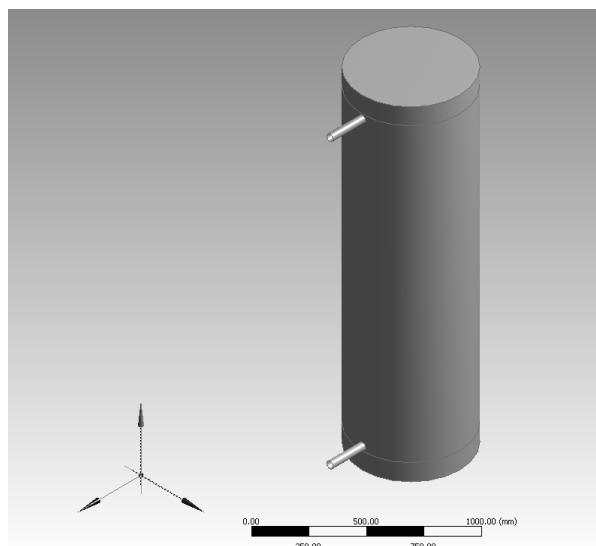
w przewodzie cyrkulacyjnym wodomierz oraz wyposażony w zawór nastawczy przewód łączący instalację c.w.u. z przewodem cyrkulacyjnym; ograniczenie do wymaganego minimum ilości wody krążącej w instalacji cyrkulacyjnej obniża straty ciepła cyrkulacji;

2. stabilizację temperatury na wejściu do instalacji c.w.u., którą uzyskuje się dzięki zastosowaniu zbiornika stabilizującego oraz recyrkulacji ciepłej wody w węźle cieplnym; stabilizacja temperatury wody kierowanej do odbiorców ogranicza nieracjonalne zużycie ciepłej wody wskutek spuszczenia wody o zbyt niskiej temperaturze;
3. zmniejszenie strat ciepła instalacji cyrkulacyjnej poprzez ograniczenie cyrkulacji w okresie braku rozbioru wody (w godzinach nocnych); ograniczenie to umożliwia układ sterowania cyrkulacją. Normalnie zamknięty zawór regulacyjny otwiera się zgodnie z zaprogramowanym w zegarze harmonogramem czasowym.

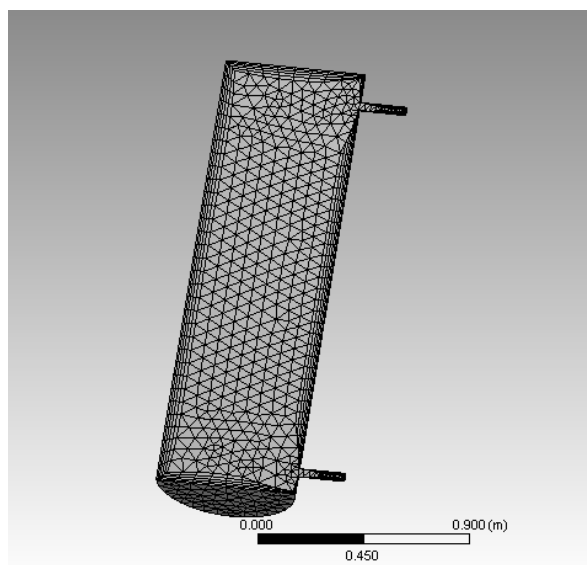
Zbieranie danych odbywa się poprzez dwa regulatory zamontowane w węźle i współpracujące ze sobą. Wartościami mierzonymi są: temperatura (wejścia i wyjścia z stabilizatora, wody w stabilizatorze, wody cyrkulacyjnej przed i za układem doładowania stabilizatora, wody zimnej), ciśnienie, przepływ (dla instalacji ciepłej wody i cyrkulacji), zużycie ciepła (odczyty z trzech ciepłomierzy zamontowanych w węźle). Po wykonaniu badań termowizyjnych, przewody rozprzewadzające c.w.u. i cyrkulacji zostały zaizolowane termicznie. Z przeprowadzonych analiz wynika, że minimalny pobór wody występuje głównie w godzinach nocnych (pomiędzy 23.00 a 5.30). Ze wstępnych obserwacji wynika, że zastosowanie stabilizatora na układzie ciepłej wody kompensuje wahania temperatury

c.w.u. oraz przyczynia się do zmniejszenia zużycia ciepła.

Prowadzone są także badania modelowe, których celem jest określenie optymalnej konstrukcji zbiornika (rys. 3 i 4). Za pomocą programu komputerowego są prowadzone analizy różnych konstrukcji zbiornika (w tym różne pojemności zbiornika stabilizującego oraz układ króćców wchodzących i wychodzących) w celu wyznaczenia najbardziej korzystnego rozwiązania.



Rys. 3 Projekt modelowego zbiornika stabilizującego temperaturę



Rys. 4. Projekt badania modelowego zbiornika stabilizującego temperaturę – siatka dyskretyzacji

## 6. Podsumowanie

Już na etapie projektowania należy pamiętać o energooszczędnych rozwiązaniach dla budynków i instalacji.

Z badań prowadzonych przez Politechnikę Wrocławską wynika, że sprawność użytkowa systemu przygotowania ciepłej wody w węzłach ciepłowniczych w wybranych budynkach mieszkalnych zawiera się w przedziale 40-70%. Najniższą wartość sprawności użytkowej posiadają budynki „stare” w których nie były prowadzone prace modernizacyjne.

Należy dążyć do ograniczenia strat energii i ciepła poprzez modernizowanie istniejących instalacji.

Z wstępnych obserwacji wynika, że zastosowanie stabilizacji temperatury ciepłej wody i programowe sterowanie cyrkulacją wpływają na poprawę współczynnika sprawności użytkowej systemu przygotowania ciepłej wody w węzłach ciepłowniczych.

## Literatura

- Jadwiszczak P. (2006). Badania dotyczące zarządzania energią w budynkach biurowych przy wykorzystaniu systemów komputerowych. *Praca doktorska*, Wrocław.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lutego 2003 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (*Dz. U. nr 33, poz. 270*)
- Syposz J., Bartnicki G. (2004). Badania dotyczące zasad podziału kosztów ogrzewania i podgrzewu ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych zasilanych z systemu ciepłowniczego. Etap II. Wyniki badań. *Raport Politechniki Wrocławskiej Serii SPR 10/2004*
- Syposz J., Małecka I. (2008). Badania dotyczące możliwości obniżenia kosztów zaopatrzenia w ciepłą wodę mieszkańców istniejących budynków wielorodzinnych. *Raport Politechniki Wrocławskiej Serii SPR nr 11/2008*
- Zgłoszenie patentowe. Kaczkowski W., Syposz J.: Układ stabilizacji temperatury ciepłej wody w węzłach ciepłych zasilanych z sieci wysokich parametrów.

## UTILIZATION EFFICIENCY OF THE HOT WATER PREPARATION SYSTEM IN THERMAL STATION

**Abstract:** Nowadays, bigger and bigger emphasis is placed on the efficiency of the consumed energy and thus a charge reduction for heat supplies. Every new investment is to keep energy consumption on a reasonable level. One should remember about energy efficiency at the design phase. In the case of existing installations, one should look for such design solutions to reduce energy and heat losses