

Grzegorz PALKIJ<sup>1</sup>  
Leszek KULESZA<sup>2</sup>

## PROPOZYCJA UKŁADU DO POMIARU TEMPERATURY WODY WEWNĄTRZ AKUMULACYJNEGO PODGRZEWACZA WODY O ZBYT MAŁEJ POJEMNOŚCI CIEPŁEJ WODY

Mały, akumulacyjny, elektryczny podgrzewacz ciepłej wody użytkowej występuje często w budynkach biurowych. Jeden z nich posiada interesujące, ale irytujące własności. Przy pojemności ok 5 dm<sup>3</sup> pozwala uzyskać ok 1,0÷1,5 dm<sup>3</sup> ciepłej wody o temperaturze zbliżonej do zadanej (zgodnie z pozycją regulatora: 40÷42°C) a następnie podaje wodę o temperaturze niższej: 30÷37°C można ją nazwać letnią. A potem temperatura wypływającej wody ma wartość 25÷30°C – niską w odniesieniu do nastawy regulatora. Zaproponowano układ pomiarowy, który w minimalnym stopniu zaburzałby działanie podgrzewacza. Przez specjalny otwór umożliwiono wstawienie czujnika temperatury i ustawienie jego elementu mierzącego na dowolnym poziomie. Podczas „normalnej” eksploatacji urządzenia można prowadzić pomiar temperatury wewnątrz objętości wody a dodatkowo temperatury wody wypływającej z podgrzewacza.

**Słowa kluczowe:** pomiary cieplne, układ pomiarowy, temperatura, pomiary wstępne

### 1. Wstęp

Podgrzewacze wody w domowej instalacji wodnej są prostymi urządzeniami, które stosuje się do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Najczęściej spotyka się je w łazienkach, bądź przy kotłach. Elektryczne podgrzewacze wody o mocy do 2 kW stosuje się również w pomieszczeniach biurowych. Podgrzewacze różnią się między sobą ze względu na sposób działania jak i technikę przygotowania wody.

<sup>1</sup> Grzegorz Palkij, Politechnika Krakowska, 31-155 Kraków ul Warszawska 24

<sup>2</sup> Autor do korespondencji/ corresponding author: Leszek Kulesza, Politechnika Krakowska, 31-155 Kraków, ul Warszawska 24, telefon 12 628 2087, lkulesza@wp.pl

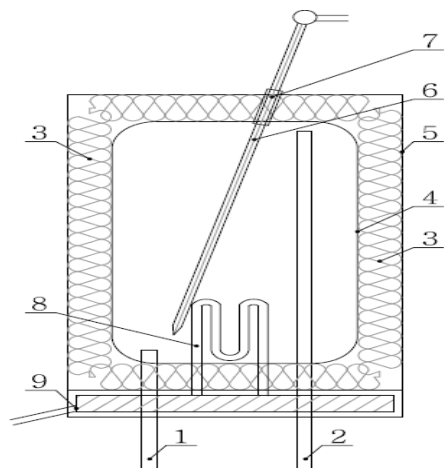
Istnieje kilka typów podgrzewaczy wody. Ze względu na zasadę działania możemy wyróżnić następujące dwa główne rodzaje: podgrzewacze pojemnościowe oraz podgrzewacze przepływowe. Zasada działania podgrzewacza wody różni się w zależności od sposobu przygotowania ciepłej wody. Wodę można podgrzać wykorzystując palniki gazowe, energię elektryczną, czy też paliwa stałe lub ciekłe. Zadaniem pojemnościowych podgrzewaczy wody jest podgrzanie zgromadzonej w zbiorniku wody i jej przechowywanie. Zmagazynowana woda jest podgrzewana przy pomocy montowanego wewnątrz palnika gazowego, elektrycznej grzałki, bądź dowolnego, zewnętrznego źródła ciepła, takiego jak: pompa ciepła, kocioł, kolektor słoneczny, bądź kominek. Zakres temperatury wody jaki można ustalić w zbiorniku z reguły mieści się w zakresie 40-75°C. Niewątpliwą zaletą pojemnościowych podgrzewaczy wody jest to, że pozwalają one na korzystanie z wody o zadanej, stabilnej temperaturze, nie zmieniającej się w zależności od strumienia wody.

## 2. Istota problemu

Małe, akumulacyjne, elektryczne podgrzewacze ciepłej wody użytkowej występują w jednym z budynków Instytutu Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza Politechniki Krakowskiej. Jeden z nich posiada następujące własności. Przy pojemności zbiornika ok. 5 dm<sup>3</sup> pozwala uzyskać ok. 1,0 – 1,5 dm<sup>3</sup> ciepłej wody o temperaturze zbliżonej do zadanej (zgodnie z pozycją regulatora: 40 – 42 °C) a następnie podaje wodę o temperaturze niższej: 30 – 37 °C można ją nazwać letnią. A potem temperatura wypływającej wody ma wartość 25 – 30 °C – za niską w odniesieniu do nastawy regulatora.

## 3. Cel i zakres badań

Celem badań był pomiar ilości wody o temperaturze nie mniejszej niż 37°C możliwej do uzyskania przy różnych strumieniach wypływającej z podgrzewacza wody. Drugim celem pracy było zaproponowanie sposobu pomiaru temperatury wody wewnątrz zbiornika tak, aby minimalnie wpływał na działanie podgrzewacza. Temperaturę wody powinno się móc mierzyć na dowolnym poziomie w zbiorniku. Układ pomiarowy przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Podgrzewacz akumulacyjny:

1 – przewód zasilający, 2 – przelew ciepłej wody, 3 – izolacja, 4 – zbiornik wody, 5 – obudowa, 6 – czujnik pomiarowy, 7 – króciec pomocniczy, 8 – grzałka, 9 – zespół elektryczny i regulacyjny

Fig. 1. Accumulation heater:

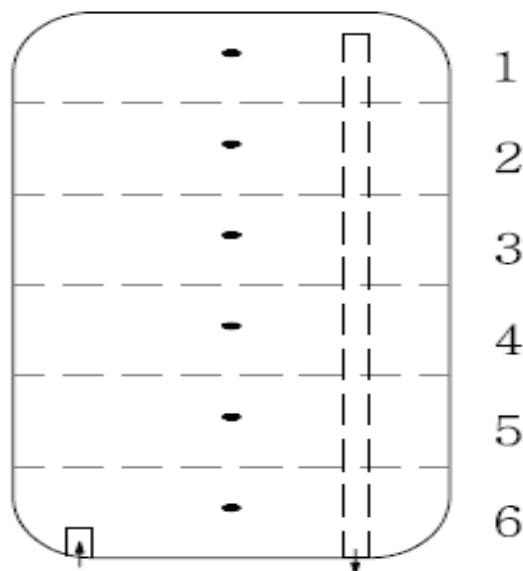
1 – water inflow, 2 – outflow of hot water, 3 – insulation, 4 – water tank, 5 – enclosure, 6 – measuring sensor, 7 – auxiliary connector, 8 – immersion heater, 9 – electric and regulatory unit

Ustalono standardowe punkty pomiarowe temperatury. Ich położenie w zbiorniku wody obrazuje rysunek 2 i tabela 1.

Tabela 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych

Table 1. Location of measurement points

Numer punktu	Odległość od poziomu wody [mm]	Masa objętości wody [kg], odpowiadająca danemu punktowi pomiarowemu
1	17,2	0,790
2	62,4	0,897
3	107,8	0,903
4	153,5	0,915
5	199,9	0,953
6	249,6	0,623



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych, objaśnienie w Tabeli 1

Fig. 2. Location measuring points explanation in Table 1

Dobór punktów pomiarowych pozwala na podział całkowitej objętości wody w zbiorniku na sześć części. Masy tych części zamieszczono w tabeli 1. Średnią temperaturę każdej z nich można przyjąć jako temperaturę jej środka ciężkości, którego położenie jest w przybliżeniu lokalizacją odpowiedniego punktu pomiarowego. Takie ustalenie punktów pomiarowych powinno być przydatne w bilansie energii podgrzewacza [2].

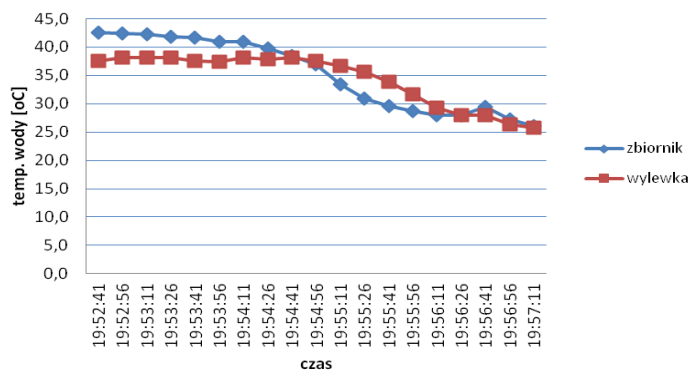
#### 4. Sposób prowadzenia badań

Przeprowadzono badania pozwalające zweryfikować ilość ciepłej wody możliwej do uzyskania przy różnych strumieniach wypływającej wody. Przeprowadzono pomiary temperatury [1] wody w zbiorniku (rys. 2. punkt 2. od góry) i wody w wylewce dla kilku strumieni wody. Wykorzystano aparaturę pomiarową ALMEMO 2590-4S V6 [3]. Nominalny strumień wody „do mycia rąk” przyjęto  $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ . Przeprowadzono pięć pomiarów przy nastawie regulatora „E” czyli ok.  $40 - 42 \text{ }^\circ\text{C}$ . Przyjęto następującą konwencję określeń:

1. woda o temperaturze nie mniejszej niż  $37^\circ\text{C}$  ma parametry w przybliżeniu takie jak nastawy regulatora – woda ciepła;
2. woda o temperaturze  $30 - 37^\circ\text{C}$  – woda letnia;
3. woda o temperaturze  $25 - 30^\circ\text{C}$  – woda chłodna;
4. poniżej  $25^\circ\text{C}$  – woda zimna.

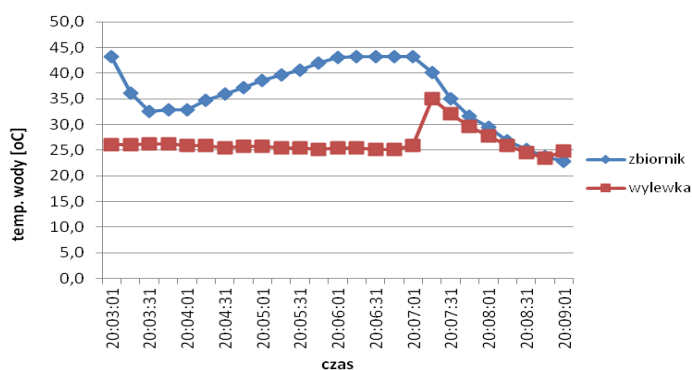
## 5. Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów temperatury wody w zbiorniku w punkcie pomiarowym o numerze „2” i w wylewce dla różnych strumieni wody przedstawiają rysunki 3 – 7.



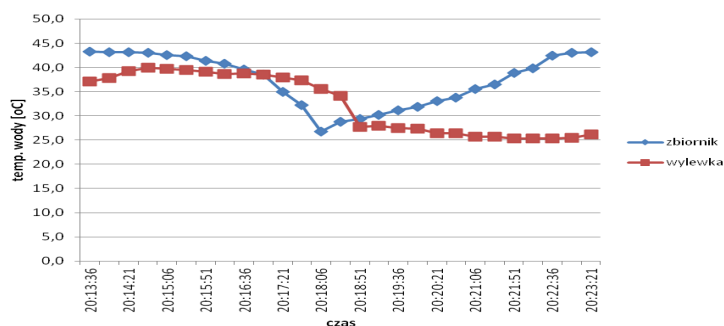
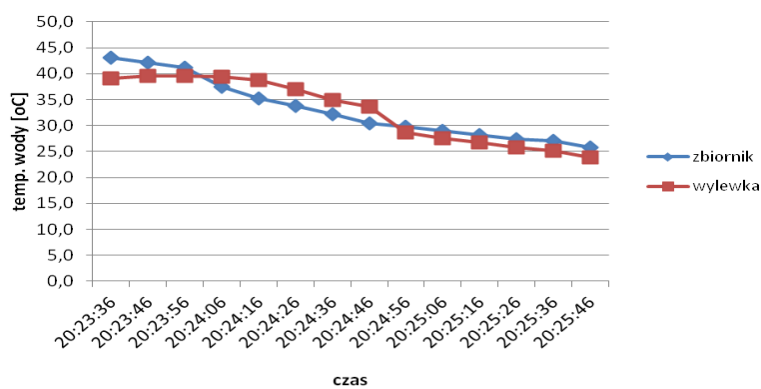
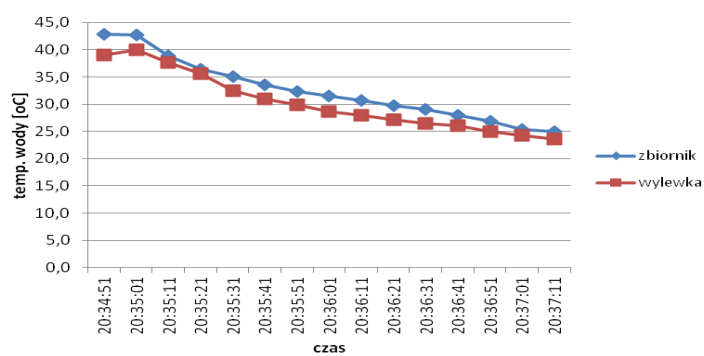
Rys. 3. Pomiar przy małym przepływie wody  $Q = 1,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Fig. 3. The measurement at low flow of water  $Q = 1,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$



Rys. 4. Pomiar przy bardzo dużym przepływie wody  $Q = 5,37 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Fig. 4. Measurement at really high flow rate of water  $Q = 5,37 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Rys. 5. Pomiar przy bardzo małym przepływie wody  $Q = 0,68 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ Fig. 5. Measurement at very low flow of water  $Q = 0,68 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ Rys. 6. Pomiar przy prawie nominalnym przepływie wody  $Q = 2,17 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ Fig. 6. Measured at nearly nominal water flow  $Q = 2,17 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ Rys. 7. Pomiar przy nominalnym przepływie wody  $Q = 2,91 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ Fig. 7. Measurement at nominal flow rate of water  $Q = 2,91 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

## 6. Analiza wyników

Wykresy na rysunkach 3 – 7 pokazują, że na początku pomiaru temperatura wewnątrz zbiornika wody była wyższa niż temperatura w wylewce. Jedynie w dwóch przypadkach: dla strumienia  $5,37 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  (rys. 4) i dla strumienia  $2,91 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  (rys. 7) ta relacja pozostała prawdziwa do końca pomiaru. Znaczący to, że stratyfikacja termiczna wody w zbiorniku jest w tych przypadkach zaburzona. Sposób dostarczania wody do zbiornika ma zachowywać ułożenie warstw termicznych w zbiorniku podczas poboru wody tak, aby pod koniec poboru ciepłej wody temperatura wody w wylewce była wyższa niż w zbiorniku. W pozostałych przypadkach (rys. 3, 5, 6) wykresy temperatury wody w zbiorniku i w wylewce przecinały się w zakresie temperatury  $37 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$  czyli w obszarze wody ciepłej. Na rysunku 6 temperatura wody w wylewce spada poniżej  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  dużo szybciej niż na rys. 3 i 5. Rysunek 5 jako jedyny obejmuje początek podgrzewania wody grzałką w zbiorniku. Związane jest to z wolnym opróżnianiem zbiornika, pod koniec którego nastąpiło włączenie grzałki. Ze względu na niewielką jej moc nie zmieniło to istotnie temperatury wody w wylewce.

Ilości uzyskanej ciepłej wody dla poszczególnych pomiarów, o numeracji zgodnej z kolejnością wykresów na rysunkach 3 – 7, przedstawia tabela 2. Ilości te jedynie dla pomiaru pierwszego i trzeciego są do zaakceptowania. Strumienie wypływającej wody stanowią od 0,23 do 1,79 strumienia wody „nominalnego do mycia rąk”. Dla pomiaru pierwszego i trzeciego są za małe w porównaniu do strumienia „nominalnego” – stanowią odpowiednio 0,4 i 0,23 jego wartości. Utrzymanie takich wartości strumienia wody jest w przeciętnej eksploatacji niemożliwe; stąd wymóg strumienia wody „nominalnego do mycia rąk” równego  $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ .

Tabela 2. Ilości ciepłej wody dla poszczególnych pomiarów

Table 2. The amount of hot water for particular measurements

Numer pomiaru	Strumień [ $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ]	Czas wypływu ciepłej wody [s]	Ilość ciepłej wody [ $\text{dm}^3$ ]
1	1,2	145	2,9
2	5,37	10	0,90
3	0,68	245	2,78
4	2,17	50	1,81
5	2,91	25	1,21

## 7. Podsumowanie i wnioski

Przy poborze ciepłej wody o małym i bardzo małym strumieniu ( $1,2$  i  $0,68 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ , stanowiącym 0,4 i 0,23 strumienia wody „nominalnego do mycia rąk”) ilość uzyskanej ciepłej wody jest równa ok.  $3 \text{ dm}^3$  i jest wystarczająca.

Dla strumieni 2,17 i 2,91 dm<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup> ilość ciepłej wody jest równa odpowiednio 1,81 i 1,21 dm<sup>3</sup>. Przy największym badanym strumieniu pobieranej wody równym 5,37 dm<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup> i stanowiącym 1,79 strumienia wody „nominalnego do mycia rąk” zmierzona ilość ciepłej wody jest bardzo mała - niecały jeden dm<sup>3</sup>. A poza tym wypływ ciepłej wody następuje po czterech minutach od początku pomiaru (otwarcia zaworu ciepłej wody). Jedną przyczyną wydaje się zidentyfikowana: zbyt duże wymieszanie wody w zbiorniku podczas jej poboru - tym większe im wyższy strumień pobieranej wody. Przy dwóch najmniejszych strumieniach (1,2 i 0,68 dm<sup>3</sup>·min<sup>-1</sup>) wymieszanie jest małe, prawie pomijalne.

Nie do końca wiadomo, dlaczego zachodzi tak duże wymieszanie wody. Być może są jeszcze jakieś powody takiego działania akumulacyjnego podgrzewacza wody. Zbudowany układ pomiarowy wykorzystany zostanie do przeprowadzenia bilansu substancji i energii podgrzewacza podczas poboru ciepłej wody [2], co powinno pomóc w znalezieniu przyczyn wadliwego działania podgrzewacza.

## Literatura

- [1] Kowalski C.: Kotle gazowe centralnego ogrzewania wodne niskotemperaturowe, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1992.
- [2] Szargut J.: Termodynamika, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
- [3] Universal measuring instruments and data loggers ALMEMO 2590-4S V6, operating instructions, Ahlborn, 2012.

## PROPOSAL FOR MEASUREMENT THE WATER TEMPERATURE INSIDE THE ACCUMULATIVE WATER HEATER OF TOO SMALL CAPACITY SANITARY HOT WATER

### Summary

Small, accumulation, electric hot water heater occurs commonly in office buildings. One of them has interesting, but irritating properties. With a capacity of about 5 dm<sup>3</sup> allows you to get about 1.0 - 1.5 dm<sup>3</sup> of hot water at a temperature close to the set (according to the position of Controller) and then gives water with a temperature - you can call it lukewarm. And then already completely cool. Measuring system was proposed which minimally disturb the action of the heater. Through a special opening the insertion of a temperature sensor and the setting the measuring element for a selected level are allowed. During "normal" operating the unit measurement of the temperature inside the volume of water and in addition leaving water temperature of the heater can be carried out.

**Keywords:** thermal measurements, the measuring system, the temperature, preliminary measurements

*Przesłano do redakcji: 30.08.2015 r.*

*Przyjęto do druku: 1.03.2016 r.*

DOI: 10.7862/rb.2016.122