

## Udoskonalone sposoby akumulacji i rozdziału ciepła w instalacjach grzewczych

*Leopold Naskręt*  
*Thermatic CB-Polska INC., Warszawa*

*Aleksander Szkarowski*  
*Politechnika Koszalińska*

### 1. Wstęp

Oszczędność energii cieplnej jest istotnym elementem strategii wspólnego budownictwa. Poszukiwanie coraz sprawniejszych i bardziej wydajnych układów ciepłych do zastosowania w budynkach o różnym przeznaczeniu, stymuluje ciągły rozwój branży ciepłowniczej. Jednym z najbardziej skutecznych kierunków opracowań naukowo-technicznych jest doskonalenie sposobów akumulacji i rozdziału ciepła [1, 5, 6].

Zagadnienie to szczególnie komplikuje się w przypadku kojarzenia zróżnicowanych, pod względem temperatury i mocy, obiegów dostarczających energię i obiegów odbiorczych w ramach jednego, zespolonego układu cieplnego [4]. Niezgodności i różnice w pracy tych obiegów kreują zjawiska, które można sklasyfikować w następujący sposób:

- brak równowagi hydraulicznej i ostre sprzeczności współpracujących ze sobą obiegów;
- ujawnione podczas eksploatacji przewymiarowanie lub niedowymiarowanie źródła ciepła;
- zwiększoną częstotliwość tzw. „taktowania” (włączenia-wyłączenia, zmiany stopni mocy), kotła lub węzła cieplnego, a także poszczególnych siłowników urządzeń automatyki, skutkiem czego staje się obniżona sprawność układu, a w przypadku kotła również zwiększenie emisji substancji szkodliwych;
- ograniczoną zdolność wykorzystania i regulacji nadmiaru ciepła (np. kocioł na paliwo stałe; kominek);

- brak możliwości kojarzenia energii z różnych źródeł, o różnym potencjale energetycznym i przeznaczeniu jej do realizacji procesów grzewczych lub technologicznych założonych w obiekcie;
- niewykorzystanie energii strumienia powrotnego instalacji odbiorczej przy niedostatecznym rozbiórce ciepła;
- zwiększony czas rozruchu źródła ciepła i instalacji;
- wydłużoną reakcją źródła ciepła na zmieniające się parametry czynnika, zapotrzebowanie na moc w instalacji i warunki termiczne otoczenia;
- zmniejszenie efektywności energetycznej i ekonomicznej systemu.

Skutecznym rozwiązaniem w takich sytuacjach jest dynamiczne oddzielenie obiegów zasilających i instalacyjnych za pomocą rozdzielacza hydraulicznego oraz termodynamicznie uzasadnione zwiększenie pojemności zładu grzewczego w postaci akumulatora ciepła, o dokładnie określonej objętości, działającego według zasady uwarstwienia [2, 7]. Cały ten kierunek ma jeszcze sporo niewykorzystanych możliwości.

## **2. Zasada działania udoskonalonego akumulatora ciepła**

### **2.1. Funkcja układu akumulacyjnego**

Specyfiką układów akumulujących ciepło, jest zdolność magazynowania energii w czasie minimalnego poboru ciepła, a oddawanie jej w okresach szczytu. Szczytowe zapotrzebowanie na energię pokrywane jest sumą maksymalnej mocy źródła ciepła i strumienia pobieranej energii, wstępnie zgromadzonej w akumulatorze. W układzie energetycznym, jaki stanowi lub stanowią źródła ciepła z akumulatorem, zasadniczym zagadnieniem staje się uzasadnione zmniejszenie mocy źródła ciepła w procesie projektowania, zmierzającego do znalezienia pewnego kompromisu pomiędzy maksymalnym ograniczeniem jego mocy a możliwością akumulacyjną zbiornika.

Charakter pracy źródła lub źródeł ciepła w takim układzie energetycznym, jest wyznaczany stopniem naładowania akumulatora, niezależnie od potrzeb energetycznych układu lub układów odbiorczych, które na bieżąco są pokrywane z zapasów energii zmagazynowanej w zasobniku.

Odpowiednio dobrany akumulator ciepła, może przyjąć każdy nadmiar ciepła jaki pojawi się w układzie energetycznym, pełniąc tym samym rolę rezerwuaru bezpieczeństwa, co jest bardzo ważną funkcją podczas kojarzenia źródeł ciepła nie gwarantujących stałej mocy, np. kominka czy kolektorów słonecznych. W tej sytuacji powstaje problem połączenia strumienia lub strumieni ciepła o nieznanych z góry parametrach z układem akumulacyjnym, a następnie z układami odbiorczymi. Uniwersalnym narzędziem do rozwiązania tego problemu jest, zdaniem autorów, zasada warstwowości buforów ciepła.

## **2.2. Zagadnienie warstwowości**

Atutem stosowania udoskonalonych warstwowych układów akumulacyjnych jest możliwość wykorzystania takich źródeł ciepła, które, z racji braku stabilności termicznej, np.: w instalacjach solarnych, w układach dostarczających ciepło pot technologiczne czy w strumieniu powrotnym obiegu wtórnego instalacji odbiorczej, nie mogą być zakwalifikowane do źródeł ciepła pewnych, gwarantujących określoną moc.

Rozwiązaniem może być tylko niezawodne, pionowe uwarstwienie czynnika grzewczego w objętości zasobnika. Zasada uwarstwienia powinna być przestrzegana niezależnie od tego, czy zasilanie medium grzewczym występuje ze źródła podstawowego, czy też ze źródeł wtórnych o różnym potencjale energetycznym tak, aby dopływało ono na odpowiedni poziom energetyczny akumulatora ciepła [5, 7, 8].

## **2.3. Zasady działania segmentu uwarstwiającego**

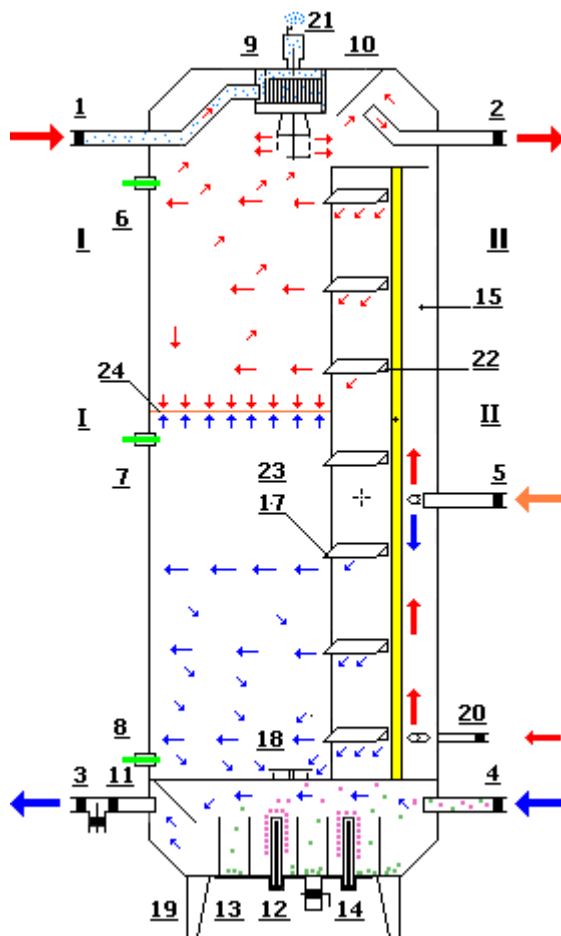
Zgodnie z ogólną zasadą działania zbiornika warstwowego [2, 6], w objętości zbiornika nie występuje zauważalne mieszanie się warstw czynnika grzewczego o różnej temperaturze i możliwe są następujące stany pracy (rys. 1):

- gdy zapotrzebowanie na wodę ogrzaną po stronie wtórnej (II), równe jest mocy cieplnej po stronie pierwotnej (I), zbiornik działa „na przelot”, czyli 1-9-2 na zasilaniu oraz 4-3 na powrocie;
- przy mniejszym zapotrzebowaniu energii strumień zasilający (1-9) rozgałęzia się na (9-2) i (9-18) i jednocześnie następuje ładowanie cieplne zbiornika z przesunięciem granicy wody ogrzanej (24) ku dołowi. Przy czym, strumień powrotny (4-3) uzupełniany jest przez schłodzoną wodę wypychaną z dolnej części zbiornika (18-3);
- przy większym zapotrzebowaniu ciepła, następuje rozładowywanie akumulatora (pobór zgromadzonego w nim ciepła) tak, że strumień zasilania (9-2) wspomagany jest przez strumień (18-2), a granica czynnika ogrzanego (24) przesuwa się ku górze zbiornika. Jak można zauważyć, strumień powrotny z instalacji (4-18) odpowiednio rozgałęzia się na strumień powracający do źródła (18-3) i strumień zapewniający rozładowywanie zbiornika (18-2).

Istotnym szczegółem udoskonalonej konstrukcji warstwowego bufora jest króciec przyłączeniowy (5), który pozwala na łagodne włączenie się strumienia ciepła wtórnego (np. strumienia powrotu z instalacji o zawyżonej temperaturze czynnika przy braku rozbioru ciepła, wspomagającej pompy ciepła, ciepła pot technologicznego itp.) na odpowiednim poziomie geometrycznym zbiornika, będącym analogicznie określonym poziomem temperaturowym, energetycznym.

W tym celu, zbiornik wyposażony jest w segment ładowania warstwowego (15), który połączony jest z objętością zbiornika (23), przez odpowiednio rozmieszczone w pionie, poziome szczelinowe otwory (22), zamknięte uchylno-obrotowymi zaślepkami (17). Medium ze źródła wtórnego (5), przepływa pionowo (w górę albo w dół, zależnie od jego temperatury) przez komorę segmentu ładowania (15) aż osiągnie poziom o tej samej gęstości, będącej funkcją jego temperatury.

W tym momencie, ciśnienie dynamiczne cieczy, wewnątrz komory ładowania, pokonuje sprężystość i ciężar zaślepki (17), pełniąc funkcję zaworu zwrotnego, która odchyła się na zewnątrz segmentu, a woda wpływa do zbiornika na poziomie o zbliżonej temperaturze.



Rys. 1. Schemat działania akumulatora warstwowego

Fig. 1. Operating principle of the layered buffer tank

Osobne przyłącze (20), zespolone z segmentem ładowania warstwowego, umożliwia przedstawionym sposobem niezależne ładowanie zasobnika energią z układów solarnych lub innych źródeł wtórnych z definicji mających obniżoną temperaturę.

#### **2.4. Konstrukcja akumulatora warstwowego**

Akumulator warstwowy, stanowi skonstruowane na zasadzie pionowego rozdzielacza hydraulicznego, wielozadaniowe, złożone technicznie urządzenie, z odpowiednio powiększoną przestrzenią hydrauliczną (23) i wydzieloną przestrzenią ładowania warstwowego (15), opcjonalnie zintegrowane z separatorem gazów (9) z odpowietrznikiem (21) i płytą oporową (10) zmieniającą kierunek strumienia po stronie zasilania układu pierwotnego oraz magnetoodmulnikiem (12; 13) po stronie strumienia powrotnego układu wtórnego.

Funkcjonowaniu zbiornika, towarzyszą ciągłe procesy równoważenia hydraulicznego układów dostarczających energię i układów odbiorczych, odgazywania, odszlamiania i wychwytywania ferromagnetyków z medium grzewczego całego zładu.

Konstrukcyjnie zbiornik wyposażony jest w urządzenie do ładowania warstw (15), połączenie szczelinowe (18), opcjonalnie we wkłady magnetyczne (12), odmulnik segmentowy (13), płytę oporową (11), mufy przyłączeniowe czujek temperatury (6; 7; 8), izolację z miękkiej pianki poliuretanowej o grubości 100 mm (nie pokazanej na rysunku), 5 króćców przyłączeniowych (1; 2; 3; 4; 5) zakończonych odcinającymi zaworami kulowymi, zaślepione przyłącze (20) do podłączenia zestawu solarnego, spustowy zawór szlamowy (14), automatyczny odpowietrznik z zaworem odcinającym (21) oraz wsporniki (19) poziomujące zbiornik. Zbiornik wyposażony jest także w tulejki do osadzenia czujek temperaturowych (6; 7; 8) [2, 8, 9].

### **3. Akumulator z wieloma segmentami uwarstwiającymi**

#### **3.1. Założenia główne**

W ostatnich latach opracowano wiele nowych rozwiązań zarówno technicznych jak i technologicznych dla systemów grzewczych, których najbardziej dostrzegalnym, wyróżniającym kryterium projektowym jest:

- podział sieci wewnętrznej c.o. i c.w.u. w układzie poziomym, gwarantujący indywidualne opomiarowanie każdego obwodu mieszkaniowego, każdego odbiorcy mediów (np. punktów usługowych, handlowych), coraz częściej umożliwiającą zdalny odczyt zużycia mediów, przy zminimalizowanej ilości pionów c.o.;

- coraz szersze stosowanie wymiennikowych stacji mieszkaniowych (WSM) w systemie decentralnego przygotowania c.w.u.;
- zróżnicowanie rodzaju ogrzewania, przypisanego określonym pomieszczeniom funkcjonalnym obiektu, mieszkania przez podział wspólnego układu c.o. na kilka obwodów grzewczych, np. grzejnikowych, podłogowych, ściennych;
- zmniejszenie bezwładności cieplnej instalacji, np. przez zastosowanie grzejników o niewielkiej pojemności czynnika grzewczego, z bardzo rozwiniętą powierzchnią radiacji, jak grzejniki wielopanelowe, konwektorowe;
- udział automatyki w sterowaniu procesami grzewczymi i przygotowania c.w.u.

Rys. 2 obrazuje ideowy schemat zaopatrzenia obiektu w ciepło i wodę. Na schemacie przyjęto następujący system oznaczeń: c.o. – centralne ogrzewanie, c.w.u. – ciepła woda użytkowa, z.w.u. – zimna woda użytkowa,  $M_{11} \dots M_{32}$  – odbiorca ciepła (pion, lokal),  $G_z$  – strumień czynnika zasilającego instalację,  $G_p$  – strumień czynnika powracającego,  $t_z$  – temperatura zasilania czynnika grzewczego,  $t_p$  – temperatura powrotu czynnika grzewczego,  $G_{p123}$ ,  $t_{m123}$  – strumień i temperatura zmieszania czynnika grzewczego w kolektorze powrotnym z pionów 1, 2, 3,  $G_{p23}$ ,  $t_{m23}$  – strumień i temperatura zmieszania czynnika grzewczego w kolektorze powrotnym z pionów 2, 3,  $G_{p3}$ ,  $t_{m3}$  – strumień i temperatura zmieszania czynnika grzewczego w kolektorze powrotnym z pionu 3,  $G_{p1}$ ,  $t_{m1}$  i  $G_{p2}$ ,  $t_{m2}$  – strumień i temperatura zmieszania czynnika grzewczego w ostatnim odcinku pionu odpowiednio 1, 2;  $G_{11}$ ,  $t_{p11}$ ;  $G_{12}$ ,  $t_{p12}$ ;  $G_{21}$ ,  $t_{p21}$ ;  $G_{22}$ ,  $t_{p22}$ ;  $G_{31}$ ,  $t_{p31}$ ;  $G_{32}$ ,  $t_{p32}$  – strumień i temperatura powrotu czynnika grzewczego z obwodu odbiorczego (pion, lokal).

Przy tak założonym podziale obiegów instalacji odbiorczej, z kompleksowym sterowaniem realizującym procesy technologiczne na poziomie końcowego odbiorcy, strumień powrotny układu wtórnego ( $G_p$ ), będzie mieszaniną czynnika grzewczego, powracającego z wszystkich pionów i obiegów funkcjonalnych ( $G_{ki}$ ), z ciągle zmieniającym się:

- natężeniem przepływu, według wzoru:

$$G_p = f \left( \sum_{\substack{k=1 \\ i=1}}^{\substack{k=m \\ i=n}} G_{ki} \right) \quad (1)$$

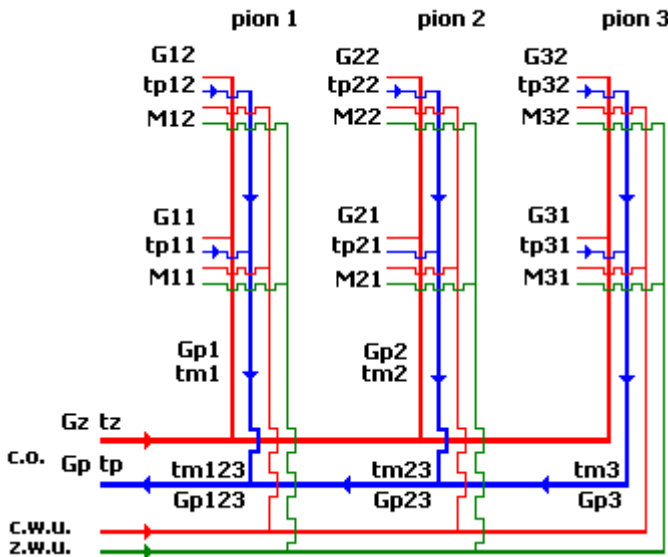
- temperaturą, zgodnie ze wzorem:

$$t_p = f(G_{ki}; t_{pki}), \quad (2)$$

gdzie:

- $G_p$  – natężenie przepływu czynnika,
- $G_{ki}$  – natężenie przepływu czynnika powracającego z mieszkania,
- $t_p$  – temperatura powrotu,
- $k$  – oznaczenie pionu,
- $i$  – oznaczenie mieszkania w pionie.

W przedstawionym przykładzie na rys. 2:  $m = 3$  – ilość pionów,  $i = 2$  – ilość mieszkań w pionie.



Rys. 2. Tradycyjny schemat instalacji grzewczej  
Fig. 2. Traditional heating system scheme

Analiza parametrów powrotu czynnika grzewczego, które są różnicowane w czasie, pozwala przyjąć koncepcję dezintegracji głównego strumienia powrotnego na wiele strumieni doprowadzających czynniki z obiegów funkcjonalnych, do odpowiednio wielu segmentów uwarstwiających, zamontowanych w teoretycznym akumulatorze ciepła [10]. W ten sposób, zgodnie z przedstawioną zasadą warstwowego ładowania zbiornika, zasobnik byłby ładowany jednocześnie w wielu punktach strumieniem powracającym z danego obiegu, na określonym poziomie temperaturowym.

Pozwoliłoby to uniknąć wielce prawdopodobnej sytuacji, w której wtórne strumienie o różnej temperaturze miałyby przepływać wewnątrz wspól-

nej sekcji ładowania (15), w różnych kierunkach wynikających z przypadkowego stosunku temperatury tych strumieni. Wsteczny ruch strumieni doprowadziłby do wzrostu ciśnienia statycznego, otwarcia zaślepek szczelinowych otworów (17) na poziomie wcale nie odpowiadającym temperaturze w głównej objętości bufora. Nietrudno wnioskować, iż udaremniłoby to samą zasadę warstwowego ładowania.

Podobnie można pogrupować w instalacji odbiorczej obiektu pion, kierując się określoną specyfiką zapotrzebowania na ciepło indywidualnych odbiorców, w dwie lub trzy magistrale powrotne, podłączone do segmentów uwarstwiających. Takie podejście obrazuje schemat na rys. 3 z następującym systemem oznaczeń: 29 – wielosegmentowy (w tym przypadku trójsegmentowy) warstwowy akumulator ciepła, 1, 2, 3 – segmenty uwarstwiające,  $G_{z1}$  – strumień czynnika zasilającego układ,  $G_{p1}$  – strumień powrotny z układu,  $\tau_1$  i  $\tau_2$  – temperatura zasilania i powrotu układu,  $G_z$  – strumień zasilający instalację,  $t_z$  – temperatura zasilania instalacji,  $G_{p1}$ ,  $t_{m1}$ ;  $G_{p2}$ ,  $t_{m2}$ ;  $G_{p3}$ ,  $t_{m3}$  – strumień i temperatura powrotu czynnika grzewczego odpowiednio w pionie 1, 2, 3 (pozostałe oznaczenia jak na rys. 2).

W tak przyjętym rozwiązaniu, segment 1 będzie ładowany strumieniem czynnika grzewczego o natężeniu:

$$G_{p1} = f \left( \sum_{k=1}^{i=2} G_{ki} \right) \quad (3)$$

i o temperaturze:

$$t_{m1} = f(G_{ki}, t_{ki}), \quad (4)$$

segment 2 odpowiednio:

$$G_{p2} = f \left( \sum_{k=2}^{i=2} G_{ki} \right) \quad (5)$$

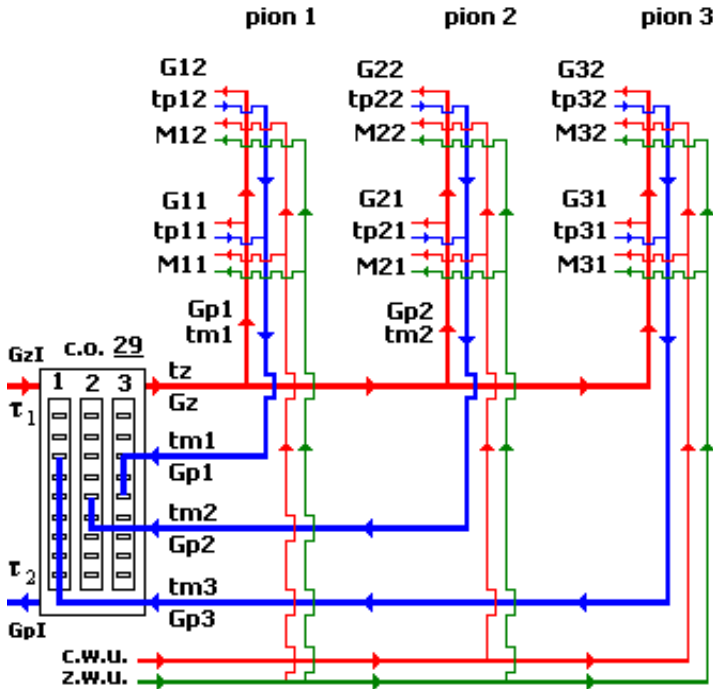
$$t_{m2} = f(G_{ki}, t_{ki}), \quad (6)$$

a segment 3:

$$G_{p3} = f \left( \sum_{k=3}^{i=2} G_{ki} \right) \quad (7)$$



$$t_{m3} = f(G_{ki}; t_{ki}) \quad (8)$$



Rys. 3. Zmodyfikowany schemat tradycyjnej instalacji grzewczej  
 Fig. 3. The modified scheme of traditional heating system

Ponieważ prawdopodobieństwo wystąpienia zgodności  $G_{p1} = G_{p2} = G_{p3}$  oraz  $t_{m1} = t_{m2} = t_{m3}$  jest znikome, z uwagi na indywidualny charakter funkcjonowania grzewczych obwodów mieszkaniowych, możemy założyć, że podczas pracy układu cieplnego, strumienie powrotne po stronie instalacyjnej, zawsze będą różnić się wielkością przepływu i temperaturą. Zróznicowanie powrotnych temperatur zmieszania, gwarantuje osiągnięcie efektu wielowarstwowości w zbiorniku.

Rozwiązanie to znacznie komplikuje konstrukcję i technologię wykonania zbiornika. Aby je uprościć, autorzy proponują ograniczyć ilość segmentów uwarstwiających w zbiorniku do dwóch, poprzez łączenie w magistrale powrotne obiegów o takim samym lub zbliżonym schłodzeniu czynnika grzewczego.

### 3.2. Zasada działania akumulatora warstwowego dwusegmentowego

Działanie dwusegmentowego bufora wygodnie jest rozpatrywać na przykładzie konkretnego układu z decentralnym przygotowaniem c.w.u. (rys. 4.), [2, 3, 10]. Na schemacie przyjęto następujący system dodatkowych oznaczeń:  $M_{11} \dots M_{32}$  – odbiorca ciepła (pion, lokal) wyposażony w wymiennikową stację mieszkaniową (WSM);  $G_z$  – natężenie przepływu czynnika zasilającego instalację;  $G_{co11}, t_{co11}$ ;  $G_{co12}, t_{co12}$ ;  $G_{co21}, t_{co21}$ ;  $G_{co22}, t_{co22}$ ;  $G_{co31}, t_{co31}$ ;  $G_{co32}, t_{co32}$  – strumień i temperatura powrotu czynnika grzewczego z obwodu instalacji c.o. odbiorcy (pion, lokal),  $G_{ws11}, t_{ws11}$ ;  $G_{ws12}, t_{ws12}$ ;  $G_{ws21}, t_{ws21}$ ;  $G_{ws22}, t_{ws22}$ ;  $G_{ws31}, t_{ws31}$ ;  $G_{ws32}, t_{ws32}$  – strumień i temperatura powrotu czynnika grzewczego z obwodu mieszkaniowej stacji wymiennikowej, realizującej program przygotowania c.w.u. (pion, lokal),  $G_{co1}, t_{co1}$ ;  $G_{co2}, t_{co2}$ ;  $G_{co3}, t_{co3}$  – strumień i temperatura zmieszania powrotu czynnika grzewczego w ostatnich odcinkach pionu c.o. odpowiednio 1, 2, 3,  $G_{ws1}, t_{ws1}$ ;  $G_{ws2}, t_{ws2}$ ;  $G_{ws3}, t_{ws3}$  – strumień i temperatura zmieszania powrotu czynnika grzewczego w ostatnich odcinkach pionów 1, 2, 3, realizujących program przygotowania c.w.u. w systemie WSM,  $G_{co23}, t_{mco23}$  – strumień i temperatura zmieszania powrotu czynnika grzewczego z pionu c.o. 2, 3,  $G_{co123}, t_{co123}$  – strumień i temperatura zmieszania strumienia powrotu czynnika grzewczego z pionu c.o. 1, 2, 3 wpływającego do 1 segmentu uwarstwianego akumulatora ciepła,  $G_{ws23}, t_{ws23}$  – strumień i temperatura zmieszania strumienia powrotu czynnika grzewczego z pionów 2, 3, realizujących program przygotowania c.w.u. w systemie WSM,  $G_{ws123}, t_{ws123}$  – strumień i temperatura zmieszania strumienia powrotu czynnika grzewczego z pionów 1,2,3, realizujących program przygotowania c.w.u. w systemie WSM, wpływającego do 2 segmentu uwarstwianego akumulatora ciepła.

W tak zdefiniowanym schemacie można połączyć w jeden strumień, wszystkie strumienie powrotne c.o. (obliczeniowe schłodzenie czynnika do 20K):

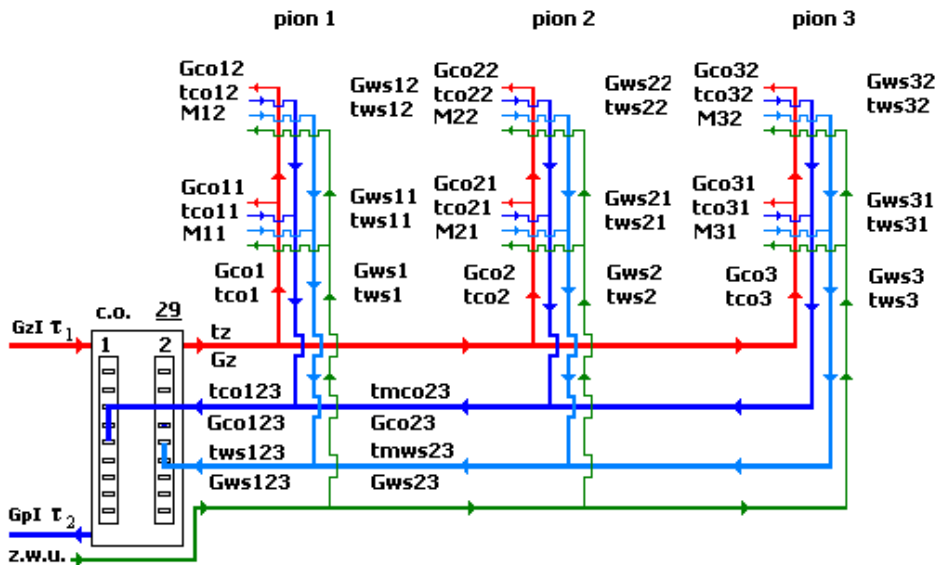
$$G_{co123} = f \sum_{\substack{k=1 \\ i=1}}^{\substack{k=m \\ i=n}} G_{co_{ki}} ; \quad (9)$$

$$t_{co123} = f(G_{co_{ki}}; t_{co_{ki}}) \quad (10)$$

i odpowiednio, wszystkie strumienie powrotne czynnika zasilającego wymiennikowe stacje mieszkaniowe, przygotowujące c.w.u. (obliczeniowe schłodzenie czynnika do 40K) [8]:

$$G_{wc123} = f \sum_{\substack{k=1 \\ i=1}}^{\substack{k=m \\ i=n}} G_{wc_{ki}} ; \quad (11)$$

$$t_{wc123} = f(G_{wc_{ki}}; t_{wc_{ki}}) \quad (12)$$



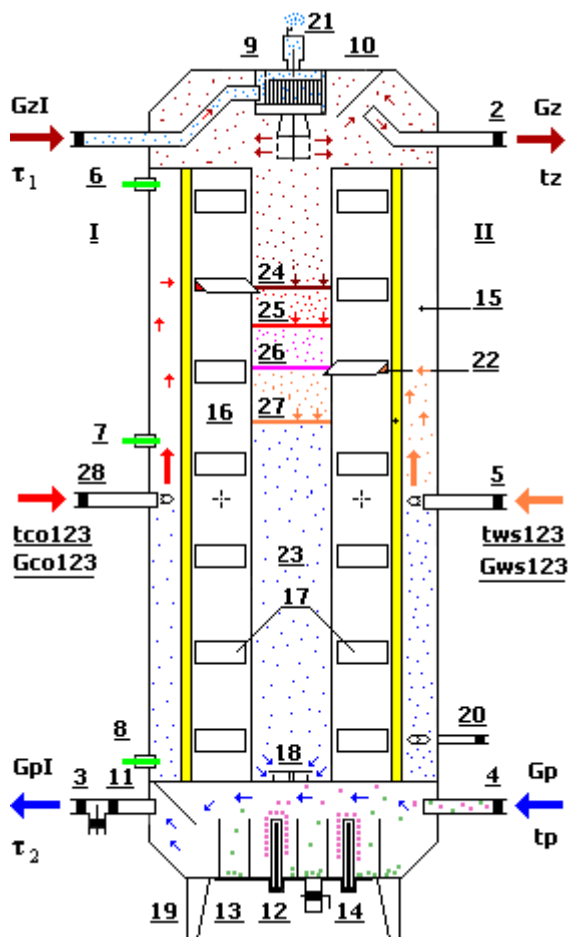
Rys. 4. Zmodyfikowany schemat instalacji grzewczej z decentralnym przygotowaniem ciepłej wody

Fig. 4. The modified scheme of heating system with non-central hot water preparing

Podczas pracy takiego układu cieplnego, w objętości zbiornika możliwe są następujące stany pracy (rys. 5):

1. Gdy zapotrzebowanie na czynnik grzewczy po stronie wtórnej (II), równe jest mocy cieplnej po stronie pierwotnej (I), zbiornik działa „na przelot”, czyli strumień zasilający czynnik płynie po drodze 1-9-2, natomiast strumień powrotny po drodze 4-3.

2. Przy mniejszym zapotrzebowaniu energii, następuje ładowanie ciepłe zbiornika z przesunięciem całego słupa czynnika grzewczego, z zachowaniem granic wody ogrzanej do różnych temperatur ku dołowi. Strumień powrotny obiegu wtórnego (II; króciec 3) łączy się z wypieranym czynnikiem o najniższej temperaturze z objętości zbiornika (szczelina 18) i wypływa strumieniem powrotnym obiegu pierwotnego (króciec 4).



**Rys. 5.** Schemat działania akumulatora warstwowego dwusegmentowego: 24, 25, 26, 27 – granice ogrzanej wody o odpowiednich temperaturach, 28 – króciec przyłączeniowy dodatkowego segmentu uwarstwiającego. Pozostałe oznaczenia jak na rys.1.

**Fig. 5.** Operating principle of the layered two-section buffer tank: 24-27 – levels of the heated water with appropriate temperatures, 28 – branch pipe of additional layering section. Other indications as illustrated in Fig. 1

3. Przy większym zapotrzebowaniu ciepła, następuje rozładowywanie akumulatora (pobór zgromadzonego ciepła), a cały słup ogrzanego czynnika grzewczego, z zachowaniem granic warstw ogrzanych do różnych temperatur przesuwa się ku górze zbiornika. Część strumienia powrotnego obiegu wtórne-

go włącza się i miesza z warstwą o najniższej temperaturze zbiornika. Pozostałość strumienia zasila powrót obiegu pierwotnego.

4. Gdy zapotrzebowanie na czynnik grzewczy po stronie wtórnej (II), równe jest mocy cieplej po stronie pierwotnej (I) i zbiornik działa „na przelot”, natomiast nie została wykorzystana cała energia i powracające strumienie czynnika grzewczego, różniące się między sobą temperaturą, mają temperaturę wyższą od obliczeniowej. Wówczas, oba strumienie czynnika grzewczego, (skierowane przy pomocy prostego układu termostatycznego zaworu trójdrogowego nie pokazanego na rysunku) wpływają króćcami zasilającymi (28) i (5) do segmentów uwarstwiających i zasilają objętość zbiornika. Czynnik o wyższej temperaturze przepływa przez segment uwarstwiający (16) do osiągnięcia poziomu o tej samej gęstości (24), będącej funkcją jego temperatury, po czym łagodnie wpływa do objętości akumulatora (23) i następuje ładowanie warstwowe czynnikiem o temperaturze  $t_{co123}$ . Granica temperatur (25) przesuwa się ku dołowi zbiornika. Drugi strumień czynnika o temperaturze  $t_{ws123} < t_{co123}$ , przepływa przez segment uwarstwiający (15) również do osiągnięcia poziomu o odpowiedniej gęstości (26) i ładuje warstwowo zasobnik czynnikiem o temperaturze  $t_{ws123}$ . Granica temperatur czynnika grzewczego (27) przesuwa się ku dołowi. Podczas ładowania, warstwa zawarta pomiędzy granicami (24) i (25) zwiększa swoją objętość i warstwa (25) (26) przesuwa się ku dołowi zbiornika, równocześnie wypierając, w tym samym kierunku, warstwę (26) (27). Strumień napływający przez segment uwarstwiający (15), zasila warstwę z kolejnych szczelin, które uaktywniają się w miarę przemieszczania się względem nich, stale zwiększając swoją objętość warstwy (26) (27), o temperaturze  $t_{ws123}$ .

5. Tryb pracy przy mniejszym zapotrzebowaniu energii, kiedy następuje ładowanie cieplne zbiornika i nie została wykorzystana cała energia z powrotnych strumieni czynnika, posiadających temperaturę powrotu wyższą od obliczeniowej. Podczas tego trybu pracy, następuje przesunięcie ku dołowi całego słupa czynnika grzewczego, z zachowaniem warstw ogrzanych do różnych temperatur. Równocześnie, strumienie powracające z układu instalacyjnego (króćce 5 i 28), różniące się temperaturami powrotu i natężeniem przepływu, przepływają przez segmenty uwarstwiające (15; 16) i zasilają warstwy akumulatora odpowiadające ich gęstości. Ponieważ medium zawarte w całej objętości akumulatora, jest wypierane ku dołowi z racji ładowania od góry strumieniami powrotnymi, stale zmienia się położenie ładowanych warstw, względem szczelin segmentów uwarstwiających. Strumienie ładujące, uwarunkowane dynamiką i termodynamiką zachodzących zjawisk, zasilają warstwy przez szczeliny znajdujące się na coraz niższym poziomie geometrycznym, gwarantującymi zgodność potencjału energetycznego z przesuwanymi się ku dołowi

warstwami. Nadmiar czynnika grzewczego, wypływa króćcem 3 z warstwy o najniższej temperaturze w zbiorniku do ponownego podgrzania.

6. Tryb pracy przy większym zapotrzebowaniu ciepła, kiedy następuje rozładowywanie akumulatora (pobór zgromadzonego ciepła) i nie została wykorzystana cała energia z powrotnych strumieni czynnika, posiadających temperaturę powrotu wyższą od obliczeniowej. Podczas tego trybu pracy, następuje przesunięcie ku górze całego słupa czynnika grzewczego, z zachowaniem warstw ogrzanych do różnych temperatur. Strumienie powracające z układu instalacyjnego (króćce 5; 28), różniące się temperaturami powrotu i natężeniem przepływu, przepływają przez segmenty uwarstwiające (15; 16) i zasilają warstwy akumulatora odpowiadające ich gęstości. Przemieszczanie się ku górze zbiornika, czynnika zawartego w całej objętości akumulatora, z racji pobierania zakumulowanej energii i zwiększanie objętości ładowanych warstw strumieniami powrotnymi, stale zmienia położenie ładowanych warstw, względem szczelin, przez które są one zasilane z segmentów uwarstwiających. Strumienie powrotne czynnika z instalacji, zasilają ładowane warstwy przez szczeliny znajdujące się na coraz wyższym poziomie geometrycznym, gwarantującymi zgodność temperatur z przesuwającymi się (ku górze) warstwami. Nadmiar czynnika grzewczego, z warstwy o najniższej temperaturze w zbiorniku, wypierany jest (króćcem 3) do ponownego podgrzania.

7. Gdy zapotrzebowanie na ciepło jest niewielkie, pierwotny obieg zasilający jest wyłączony, energia pobierana jest z akumulatora i powrotne strumienie instalacyjne niosą z sobą niewykorzystaną energię. W tym przypadku, następuje przesunięcie czynnika grzewczego ku górze zbiornika, z zachowaniem granic wszystkich ogrzanych warstw o różnej temperaturze. Strumienie powracające z układu instalacyjnego (króćce 5 i 28), różniące się temperaturą powrotu i natężeniem przepływu, przepływają przez segmenty uwarstwiające (15; 16) zasilając warstwy akumulatora odpowiadające ich gęstości. Słup czynnika, przemieszczający się ku górze z racji pobierania zakumulowanej energii oraz zwiększania objętości ładowanych warstw strumieniami powrotnymi, stale zmienia położenie tych warstw, względem szczelin, zasilających je z segmentów uwarstwiających. Strumienie powrotne czynnika z instalacji, zasilają ładowane warstwy przez szczeliny na wysokości, odpowiadającym ich poziomom energetycznym.

Zbiornik warstwowy dwusegmentowy zbudowany jest podobnie jak akumulator opisany w 2.4. Urządzenie zostało wyposażone w dodatkowy segment ładowania warstwowego (16), który połączony jest z objętością zbiornika (23), przez odpowiednio rozmieszczone w pionie, poziome szczelinowe otwory (22), zamknięte uchylno-obrotowymi zaślepkami (17). Drugi strumień medium do układu uwarstwiającego doprowadzane jest dodatkowym króćcem (28), [10].

#### **4. Wnioski**

Doświadczenie z wieloletnich obserwacji eksploatowanych warstwowych akumulatorów ciepła oparte o opracowania teoretyczne przedstawione w niniejszym artykule, pozwala prognozować korzyści z ich zastosowania w udoskonalonej wersji:

- obniżenie wielkości obliczeniowej mocy zainstalowanego zasadniczego źródła ciepła;
- zdecydowane zmniejszenie zużycia energii cieplnej w eksploatowanym obiekcie;
- znaczące podniesienie sprawności cieplnej całego układu cieplnego;
- możliwość kojarzenia źródeł ciepła o różnym potencjale energetycznym, w tym strumieni powrotnych czynnika grzewczego o zawyżonej temperaturze powrotu;
- złagodzenie niezgodności hydraulicznych i termodynamicznych w pracy poszczególnych obiegów układów cieplnych;
- stałe i wieloletnio porównywalne obniżenie kosztów zakupu energii, przy stosunkowo niewielkim nakładzie inwestycyjnym stanowiącym koszt akumulatora, dodatkowych magistral powrotnych, elementów sterowania i opomiarowania oraz koniecznej robocizny;
- osiągnięcie efektu ekologicznego, przez zmniejszenie mocy źródła lub źródeł ciepła, ograniczenie liczby ich załączeń i zmiany stopni mocy oraz możliwość kojarzenia z odnawialnymi źródłami ciepła.

#### **Literatura**

1. **Mizielińska K.:** *Zastosowanie pionowego rozdzielacza hydraulicznego w modernizowanych, małych źródłach ciepła*. PI, nr 6, 1996.
2. **Naskręt L.:** *Udoskonalone akumulatory ciepła*. Magazyn Instalatora, 4/2005.
3. **Szkarowski A., Łatowski L.:** *Ciepłownictwo*. WNT. Warszawa, 2006.
4. **Naskręt L.:** *Kompleksowe rozwiązanie energooszczędnego systemu grzewczego*. Magazyn Instalatora, 5-6/2005.
5. **Szkarowski A., Naskręt L.:** *Zasady projektowania zrównoważonych hydraulicznie zrównoważonych układów cieplnych*. Magazyn Instalatora, 10/2006.
6. **Szkarowski A., Naskręt L.:** *Rozdział przepływu wody w instalacjach grzewczych*. Magazyn Instalatora, 11/2006.
7. **Szkarowski A., Naskręt L.:** *Na straży przepływu*. Magazyn Instalatora, 1/2007.
8. **Meibes.** Materiały techniczne, Leszno 2004-2008.
9. **Sinus.** Materiały techniczne, 2004÷2008.
10. Opracowanie własne autorów.

## **Improved Methods of Accumulation and Distribution of Heat in the Heating Systems**

### **Abstract**

Saving the heat energy is an important element of the strategy of modern construction. The search for more efficient and more productive thermal systems for use in buildings for different purposes stimulates the continuous development of heating industry (Fig. 2, 3, 4). One of the most effective lines of such operations is improvement of the accumulation and distribution of heat (Fig.1).

The issue is especially complicated in the case of associating different (in terms of temperature and power) energy supply and receiving flow section in a whole integrated heating system (Fig. 3).

Effective solution in such situations is a dynamic separation of power supply and installation circuits using a hydraulic splitter and reasonable thermodynamic increase of heat transfer medium volume in heating system in the form of heat accumulator, a well-defined volume, acting according to layering rules (Fig. 4).

Universal tool to solve this problem according to the authors is presented in the paper the extensive application of the principles of layered heat buffer tanks (Fig. 5).

Advantages of application of improved version of stratified heat accumulators are following:

- decrease of size of computational power of installed main heat source;
- significant decrease of consumption of thermal energy in the exploited object;
- significant increase of thermal efficiency of the whole heating installation;
- possibility of association of heat sources with different energetic potential, including return streams of heating medium with inflated temperature of recycle;
- appeasement of hydraulic and thermodynamical incompatibilities during work of the individual circulations of heating installations;
- constant and long term comparable decreasing of costs of purchase of energy, at comparatively small investment outlays, which are the cost of accumulator, additional return mains, units of steering and measurement and necessary labour;
- achievement of ecological effect, by decrease power of heat source or sources, limitation the number of their power-ups and changes of the power stages and the possibility of association with the renewable sources of heat.