

**Grażyna JASICA, Małgorzata HEINRICH**

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

## **WPLYW WYBRANYCH DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH NA EFEKTYWNOŚĆ EKSPLOATACYJNĄ SYSTEMU GRZEWCZEGO**

### **Słowa kluczowe**

Efektywność eksploatacyjna, system grzewczy, działania modernizacyjne.

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono wpływ wybranych działań modernizacyjnych na efektywność eksploatacyjną systemu grzewczego. Zagadnienie omówiono na przykładzie instalacji grzewczej kompleksu budynków wchodzących w skład obiektów użyteczności publicznej, w świetle norm i przepisów obowiązujących w tym zakresie. W wyniku działań modernizacyjnych stwierdzono obniżenie kosztów wytwarzania ciepłej wody użytkowej, usprawnienie sposobu obsługi, podniesienie komfortu użytkowania oraz poprawę bezpieczeństwa. Do przeprowadzenia analizy wykorzystano program obliczeniowy KAN H2O 1.5, który umożliwia określenie temperatury i przepływów w poszczególnych punktach instalacji. Potwierdzenie skuteczności wprowadzonych zmian wymaga przeprowadzenia długoterminowych badań kontrolno-pomiarowych.

### **Wprowadzenie**

Przedmiotem rozważań jest modernizacja systemu grzewczego w odniesieniu do instalacji i urządzeń wytwarzających ciepłą wodę użytkową na potrzeby obiektu użyteczności publicznej. Ze względu na fakt, że sieć ciepłna jest systemem o złożonej strukturze, w którym praca jednego elementu wpływa na pracę

pozostałych, modernizacja sieci powinna być prowadzona w sposób przemyślany i zaplanowany. Należy zaznaczyć, że badana instalacja stanowi integralną część struktury systemu grzewczego, stąd kompleksowe podejście do wybranej problematyki.

Istotny wpływ na zużycie energii cieplnej w budynkach ma rodzaj rozwiązań dotyczących zarówno struktury samego węzła, jak też przyjętego układu regulacji i sterowania procesami ciepłowniczymi. Zużycie energii w danym obiekcie w dużej mierze zależy od przyjętego algorytmu sterowania. Podstawą do uzyskania optymalnego rozwiązania jest między innymi znajomość właściwości statycznych i dynamicznych rozpatrywanego procesu. Automatyczna regulacja powinna zapewniać odpowiednią jakość, niezawodną i ekonomiczną pracę oraz gwarantować racjonalne zużycie energii [1].

Oszczędne i efektywne korzystanie z energii jest promowane na całym świecie jako wzorzec świadomej dbałości o środowisko, w jakim żyjemy.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie koncepcji działań modernizacyjnych, zmierzających do poprawy efektywności eksploatacyjnej systemu grzewczego. Zagadnienie omówiono na przykładzie kompleksu budynków wchodzących w skład obiektu użyteczności publicznej, w świetle norm i przepisów obowiązujących w tym zakresie.

## 1. Identyfikacja przedmiotu badań

Przedmiotem badań są instalacje oraz urządzenia rozdzielające i zasilające w energię ciepłą zespół budynków wchodzących w skład obiektu użyteczności publicznej. Kompleks obiektów składa się z czterech budynków oznaczonych symbolami A, B, C, D różniących się wielkością oraz kubaturą, co wynika z przeznaczenia i pełnionych funkcji – tabela 1.

Wszystkie budynki wyposażone są w instalację centralnego ogrzewania i mechaniczną wentylację nawiewno-wywiewną. Instalacja c.o. pracuje na wodzie o parametrach 90/70°C, zaś nagrzewnice wentylacyjne zasilane są wodą wysokoparametrową 150/70°C. Wytwarzana jest ciepła woda użytkowa c.w.u. o temperaturze 55°C.

Bilans zapotrzebowania ciepła dla obiektu obliczony wg wzoru (1) zgodnie z obowiązującą normą [7]:

$$Q = Q_p + Q_w \quad [\text{W}] \quad (1)$$

gdzie:  $Q_p$  – straty ciepła przez przenikanie uwzględniające niskiej temperatury powierzchni przegród chłodzących pomieszczenia i skutki nasłonecznienia [W],

$Q_w$  – zapotrzebowanie na ciepło do wentylacji [W].

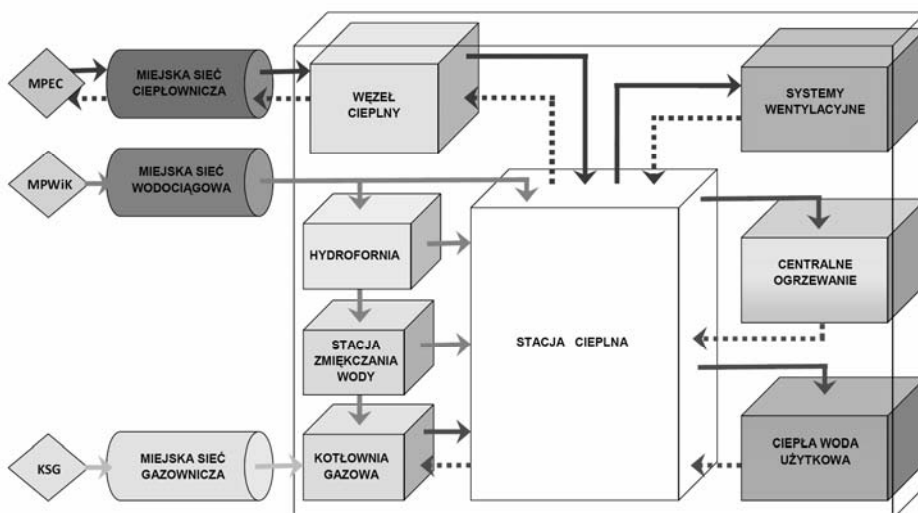
Tabela 1. Zapotrzebowanie ciepła dla obiektu

Obiekt	Kubatura	Zapotrzebowanie ciepła [kW]			
	m <sup>3</sup>	c.o.	c.w.u.	wentylacja	razem
Budynek „A”	61 000	363	48	127	538
Budynek „B”	11 520	165		64	229
Budynek „C”	20 500	296		549	845
Budynek „D”	36 900	218		171	389
Ogółem	129 920	1 042	48	911	2 001

### 1.1. Opis instalacji dystrybucji i urządzeń rozdziału energii

W sezonie grzewczym obiekt zasilany jest w energię ciepłą z miejskiej sieci ciepłej wodą grzewczą o temperaturze 150/70°C i ciśnieniu 1,2 MPa. Woda grzewcza wysokich parametrów doprowadzona jest do węzła cieplnego zlokalizowanego w budynku „A”. Instalacja wody pitnej obiektu zasilana jest wodą pod ciśnieniem 0,4 MPa z miejskiej sieci wodociągowej.

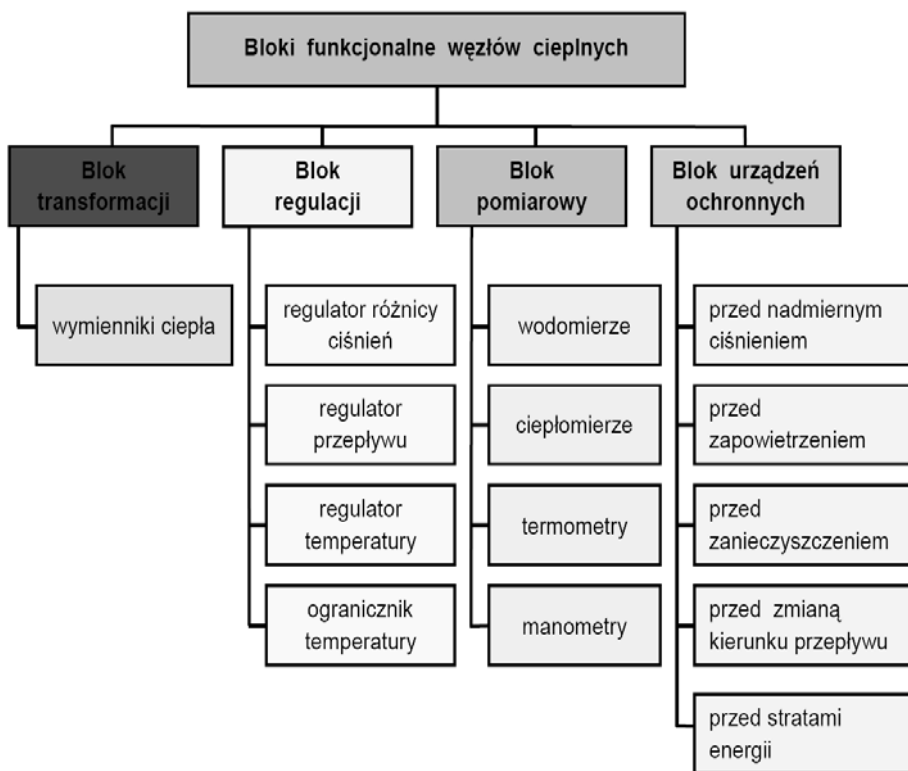
Poniżej przedstawiono schemat blokowy (rys. 1) węzła cieplnego zasilającego budynek.



Rys. 1. Badane instalacje dystrybucji i urządzenia rozdziału energii ciepłej

### 1.2. Charakterystyka techniczna i eksploatacyjna węzła cieplnego

Ze względu na specyfikę obiektu węzeł cieplny posiada strukturę wielofunkcyjną: centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej oraz ciepła technologicznego na potrzeby wentylacji. Dla centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej wymagane jest rozdzielenie czynnika grzewczego o wysokiej temperaturze i ciśnieniu od instalacji wewnętrznej za pomocą przeponowych wymienników ciepła, co charakteryzuje węzły pośrednie. Ze względu na układ połączeń po stronie sieciowej węzeł posiada strukturę równoległą. Węzeł cieplny zbudowany jest z czterech bloków funkcjonalnych (rys. 2).



Rys. 2. Bloki funkcjonalne węzła cieplnego

## 2. Koncepcja modernizacji systemu wytwarzania c.w.u. dla badanego kompleksu budynków

Zmniejszenie zużycia energii cieplnej w istniejących budynkach polega na szeroko pojętych działaniach termomodernizacyjnych. Zakres możliwych zmian jest ograniczony istniejącą bryłą i konstrukcją budynku. Jednak obniżenie zuży-

cia energii o 30–40% jest możliwe i realne. Choć głównym celem termomodernizacji jest obniżenie kosztów ogrzewania, to końcowy efekt pozwala na:

- podniesienie komfortu użytkowania,
- ochronę środowiska naturalnego,
- ułatwienie obsługi i konserwacji urządzeń i instalacji.

Zabiegi energooszczędnościowe w istniejących budynkach można najogólniej podzielić na trzy grupy:

- zabiegi usuwające ewidentne wady oraz wprowadzające zmiany, umożliwiające użytkownikowi świadome wpływanie na zużycie energii i poziom kosztów. Do grupy tej należy usuwanie nieszczelności i wad w przegrodach budowlanych, czyszczenie i regulacja instalacji grzewczych oraz zaopatrzenie jej w zawory regulacyjne i urządzenia do pomiaru ciepła,
- zmiany w instalacji grzewczej w celu nadania jej cech wyższej sprawności, automatycznej regulacji, zmniejszenia strat ciepłych,
- zmiany budowlane zmniejszające straty ciepła, czyli: ocieplenie ścian, montaż okien o lepszych parametrach izolacyjności termicznej, likwidacja nadmiernego przenikania ciepła.

W artykule zaproponowano rozwiązanie modernizacyjne instalacji wytwarzającej c.w.u. polegające na zastosowaniu w układzie dodatkowych wymienników ciepła typu JAD lub płytowych. Otrzymana struktura szeregowo-równoległa węzła cieplnego pozwoli uzyskać lepsze wykorzystanie energii cieplnej oraz zaspokojenie wymagań odbiorcy ciepła dotyczące jakości realizowanego procesu.

Z uwagi na duże straty ciepła występujące między źródłem wytwarzania ciepłej wody a punktami czerpalnymi zaproponowano, jako drugorzędne działanie, przeprowadzenie regulacji instalacji c.w.u. oraz uzupełnienie izolacji termicznej na rurociągach rozprowadzających i cyrkulacyjnych [4].

Zaproponowane rozwiązania mają spowodować polepszenie cech sprawności eksploatacyjnej systemu grzewczego, a w konsekwencji zmniejszenie zużycia ciepła przeznaczonego na wytworzenie c.w.u. Wymiernym efektem działań modernizacyjnych będzie zmniejszenie kosztów za energię cieplną oraz podniesienie komfortu użytkowania obiektu.

### ***2.1. Analiza i ocena istniejącego systemu w aspekcie aktualnych trendów wytwarzania c.w.u.***

W stosowanych obecnie rozwiązaniach centralnych systemów ciepłowniczych nie ma możliwości dużych zmian obciążenia cieplnego. Węzły c.w.u. wyposażone są w układy regulacji stałowartościowej, które mają za zadanie zapewnienie stałej temperatury wody na wypływie z węzła. Stosowane obecnie rozwiązania techniczne ograniczają się do wymienników przepływowych zasi-

lanych czynnikiem grzejnym z sieci ciepłowniczej. Charakter rozbioru ciepłej wody zależy od przeznaczenia budynku.

Analizie poddano węzeł ciepłny zainstalowany w obiekcie, który spełnia trzy funkcje: wytwarza ciepłą wodę użytkową, przetwarza czynnik grzewczy do centralnego ogrzewania budynków oraz rozdziela ciepło technologiczne wysokich parametrów na potrzeby wentylacji. Biorąc pod uwagę sposób połączenia instalacji centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej po stronie wody sieciowej, posiada on strukturę równoległą. Zamówiona moc cieplna w takim układzie jest równa sumie mocy cieplnych, potrzebnych na wytworzenie c.o., c.w.u. oraz wentylacji. Ze względu na cykliczność poboru ciepłej wody pod koniec zmian roboczych układ posiada dwa zasobniki. Zastosowanie zasobników c.w.u. pozwala obniżyć wielkość zamówionej, maksymalnej mocy cieplnej do wytwarzania c.w.u. Po zapoznaniu się z najnowszymi trendami opisanymi w literaturze fachowej oraz mając na względzie analizowany system grzewczy, największe korzyści pozwala osiągnąć zastosowanie struktury szeregowo-równoległej z zasobnikami [1]. Strukturę taką można uzyskać w eksploatowanej instalacji przez zastosowanie dodatkowych wymienników ciepła, zasilanych powrotną wodą sieciową z c.o. i wentylacji.

Analiza wykazała, że instalacje ciepłej wody użytkowej w badanym obiekcie użyteczności publicznej wykonane są z rur stalowych ocynkowanych. Są to instalacje z rozdziałem dolnym, z poziomami zlokalizowanymi w kanale energetycznym (biegnącym bezpośrednio pod budynkami) i pionami w szybach instalacyjnych. Niektóre z nich nie mają izolacji termicznej pionów. W takich instalacjach straty ciepła są stosunkowo duże. Dodatkowo niekorzystny jest fakt, że badana instalacja nie posiada elementów regulacyjnych na przewodach cyrkulacyjnych, a regulacja cyrkulacji bardzo istotnie wpływa na temperaturę wody w najwyższej i najdalej położonych odbiornikach [4]. Obecnie instalacje ciepłej wody użytkowej zaleca się wykonywać z rur z tworzyw sztucznych, a dodatkowo wszystkie przewody powinny być zaizolowane [5].

Ze względu na złożone związki pomiędzy przepływami, stratami ciepła w poszczególnych działkach i nastawami zaworów termostatycznych nie jest możliwe określenie temperatury w wybranych punktach instalacji z cyrkulacją w sposób analityczny. W związku z tym do określenia temperatur i przepływów w poszczególnych punktach instalacji c.w.u. wykorzystano komputerowy program obliczeniowy, umożliwiający określenie wartości tych wielkości metodą kolejnych przybliżeń.

## **2.2. Charakterystyka działań modernizacyjnych**

Pierwszoplanowe działania modernizacyjne polegają na zastosowaniu dwustopniowego układu wytwarzania ciepłej wody użytkowej w instalacji pracującej w okresie zimowym. W pierwszym stopniu podgrzewania wykorzystana

będzie woda sieciowa powracająca z wentylacji i wymienników wytwarzających centralne ogrzewanie, która w pierwotnym układzie była oddawana do magistrali powrotnej EC. W okresach braku zapotrzebowania na ciepłą wodę pierwszy stopień podgrzewania będzie wystarczający do pokrycia strat ciepła spowodowanych cyrkulacją w instalacji. W przypadku wystąpienia zakłócenia w układzie, jakim może być pobór ciepłej wody, obniżeniu ulegnie temperatura wody w zasobnikach. Jeżeli praca wymienników pierwszego stopnia będzie niewystarczająca na pokrycie strat ciepła, nastąpi automatyczne załączenie do pracy wymienników stopnia drugiego. Stopień drugi stanowią wymienniki ciepła, które pracują w niezmiennym układzie, takim jak przed modernizacją. Celem uproszczenia procedury doboru wymienników, zastosowano wymienniki parami identyczne. Do wytwarzania c.w.u. I strefy (niskiej) w pierwszym stopniu podgrzewania zastosowano wymiennik identyczny jak w stopniu drugim. Analogicznie wygląda układ wytwarzania c.w.u. II strefy (wysokiej). Pracą wymienników sterują zawory regulacyjne trójdrogowe VF3 oraz dwudrogowe VF2 z napędami elektrycznymi AMV 423 i modułami AMER.

Z uwagi na występujące w instalacji rozprowadzającej c.w.u. duże straty ciepła jako działanie drugorzędne przeprowadzono analizę wpływu regulacji hydraulicznej i izolacji termicznej na rozkład temperatur w przewodach instalacji c.w.u. z cyrkulacją. Otrzymane wyniki analizy stanowią dane wyjściowe do kolejnych działań modernizacyjnych.

### **3. Analiza wpływu regulacji hydraulicznej i izolacji termicznej instalacji c.w.u. z cyrkulacją na rozkład temperatury w przewodach**

Do przeprowadzenia analizy wykorzystano program obliczeniowy KAN H2O 1.5, który umożliwia metodą kolejnych przybliżeń, określenie temperatury i przepływów w poszczególnych punktach instalacji c.w.u.

Program zawiera bazę danych, w której znajdują się katalogi pomp, rur, zaworów termostatycznych oraz izolacji termicznych. Konfigurację instalacji ciepłej wody wprowadza się korzystając z interfejsu graficznego. Program ma możliwość automatycznego doboru średnic przewodów rozprowadzających i cyrkulacyjnych, jak również nastaw termostatycznych zaworów cyrkulacyjnych. Program oblicza temperaturę i przepływy w poszczególnych działkach instalacji dla stanów ustalonych. Podając temperaturę ciepłej wody na wyjściu z węzła cieplnego możemy obliczyć wartości temperatur i przepływów w poszczególnych punktach instalacji.

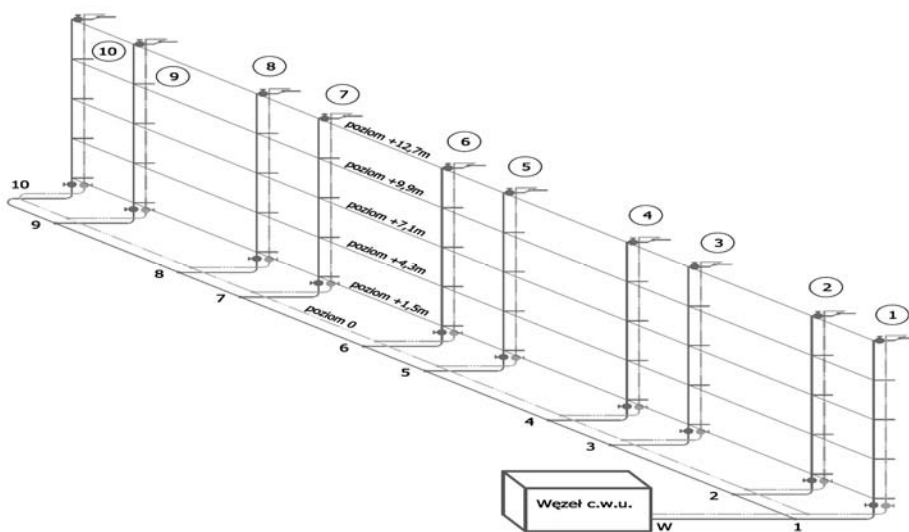
W menu obliczenia program zawiera: dobór średnic przewodów rozprowadzających i cyrkulacyjnych, dobór nastawy cyrkulacyjnego zaworu termostatycznego dla obiegu o największych stratach ciśnienia oraz dobór pozostałych nastaw zaworów, obliczenia przepływu i temperatury w poszczególnych dział-

kach dla założonego stanu pracy oraz obliczenia przepływu i temperatury w poszczególnych działkach dla stanu dezynfekcji.

Po wykonaniu obliczeń ich wyniki zapisywane są w tablicach. Możliwe jest zapisanie wyników w pliku tekstowym, z którego łatwo można je przesłać do innych programów, np. arkusza kalkulacyjnego.

### 3.1. Model układu

Do przeprowadzenia analizy użyto modelu instalacji c.w.u. z cyrkulacją, o strukturze zbliżonej do rzeczywistej i przyjęto następujące założenia wstępne: instalacja z cyrkulacją zlokalizowana jest w budynku użyteczności publicznej o pięciu kondygnacjach i składa się z dziesięciu pionów, występuje dolny rozdział ciepłej wody z poziomami zlokalizowanymi w kanale i pionami w szybach instalacyjnych, pracuje pompa cyrkulacyjna o zmiennych obrotach, utrzymująca stałe ciśnienie dyspozycyjne w zakresie występujących przepływów. Schemat modelu instalacji, w formie graficznej widocznej podczas jej tworzenia i analizy w programie obliczeniowym, przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Schemat analizowanej instalacji c.w.u. w formie przedstawionej w programie KAN H20

Aby uzyskać szeroki zasób informacji, analizie poddano kilka z obecnie stosowanych rozwiązań:

- dwa warianty wykonania przewodów instalacji:
  - z rur stalowych ocynkowanych,
  - z rur polipropylenowych z wkładką aluminiową typu PP-R Stabi,
- dwa warianty rozwiązania izolacji termicznej:



- instalacja bez izolacji pionów zasilających i cyrkulacyjnych,
- instalacja z izolacją wszystkich przewodów,
- cztery warianty rozwiązania regulacji cyrkulacji instalacji:
  - instalacja bez elementów regulacji hydraulicznej,
  - instalacja z kryzami dobranymi wg wymagań normatywnych PN [3,6],
  - instalacja z podpionowymi, cyrkulacyjnymi zaworami termostaticznymi MTCV firmy Danfoss przy nastawie  $+55^{\circ}\text{C}$ ,
  - instalacja z zaworami MTCV przy dobranych nastawach.

### **3.2. Rodzaj regulacji i jej wpływ na rozkład temperatury w instalacji**

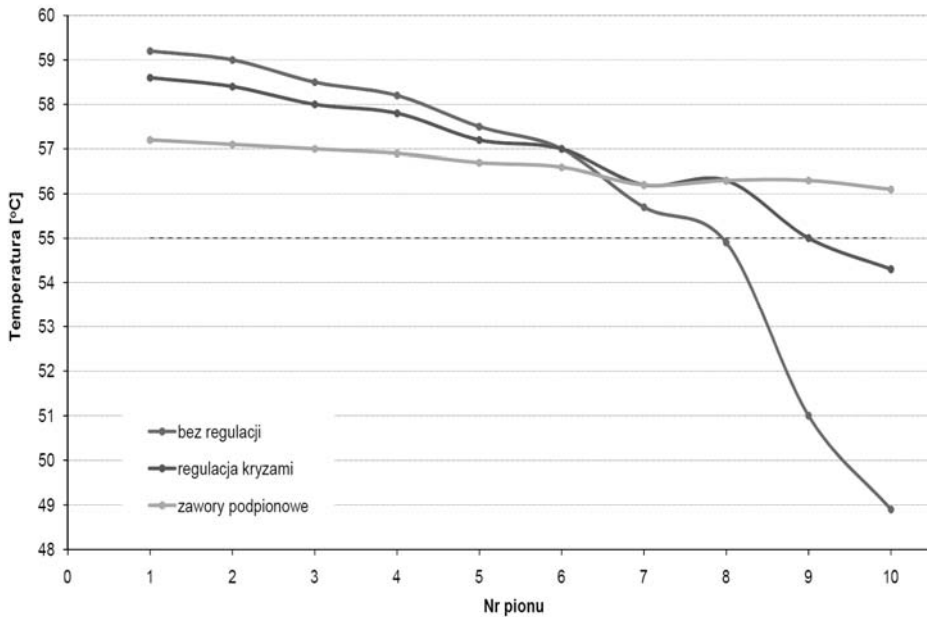
Aby pokazać wpływ regulacji na rozkład temperatury ciepłej wody w instalacji, dla analizowanych wariantów wykonania instalacji, obliczono temperatury w najwyższej położonych punktach poszczególnych pionów zasilających. Obliczenia powtórzono dla różnych wariantów regulacji. Dla instalacji bez elementów regulacyjnych i przy regulacji za pomocą kryz, doboru parametrów pompy cyrkulacyjnej dokonano na podstawie obliczonych oporów przepływów dla strumieni cyrkulacji, wynikających z wymagań normatywnych [6]. Natomiast w przypadku instalacji z termostaticznymi zaworami podpionowymi strumienie cyrkulacyjne w poszczególnych pionach wyznaczono wg wytycznych, zakładających jednakowe schłodzenia we wszystkich obiegach instalacji, a nastawy tych zaworów odpowiednio dobrano do wyrównania oporów w poszczególnych obiegach. Do obliczeń przyjęto temperaturę wody na wyjściu z węzła ( $+60^{\circ}\text{C}$ ) oraz dobrano pompę o zmiennych obrotach mającą stałą wysokość podnoszenia dla występujących strumieni cyrkulacyjnych.

Dla analizowanej instalacji z rur stalowych ocynkowanych bez izolacji pionów (rys. 4) różnica temperatury na szczytach pionu najbliższej i najdalej położonego od węzła przy braku regulacji hydraulicznej wynosi 10,3 K, przy regulacji kryzami 4,3 K, a przy zastosowaniu termostaticznych zaworów podpionowych i obliczonej ich nastawie różnica ta wynosi 1,0 K.

Ponadto przy braku regulacji, w trzech ostatnich pionach temperatura ciepłej wody spada poniżej wymaganej wartości  $+55^{\circ}\text{C}$ , a przy zastosowaniu kryz tylko w ostatnim pionie. Z obliczeń wynika, że strumień wody cyrkulacyjnej jest niższy w instalacji z zaworami termostaticznymi o ok. 21% w stosunku do instalacji regulowanej kryzami i ok. 40% w stosunku do instalacji bez regulacji. Straty ciepła w instalacji z termostaticznymi zaworami cyrkulacyjnymi o dobranych nastawach są porównywalne do strat w instalacji regulowanej kryzami (niższe o 0,4%).

Dla instalacji z rur polipropylenowych bez izolacji termicznej pionów, różnica temperatury na szczytach pionu najbliższej i najdalej położonego od węzła, przy braku regulacji hydraulicznej, wynosi 4,2 K, przy regulacji kryzami 2,4 K. Przy zastosowaniu termostaticznych zaworów podpionowych i doborze ich

nastaw różnica ta wynosi 0,4 K, temperatura mieści się w przedziale od 56 do 57°C, a maksymalna różnica tej temperatury w instalacji wynosi 0,6 K. Przy braku regulacji w ostatnim pionie temperatura ciepłej wody spada poniżej wymaganej wartości +55°C.



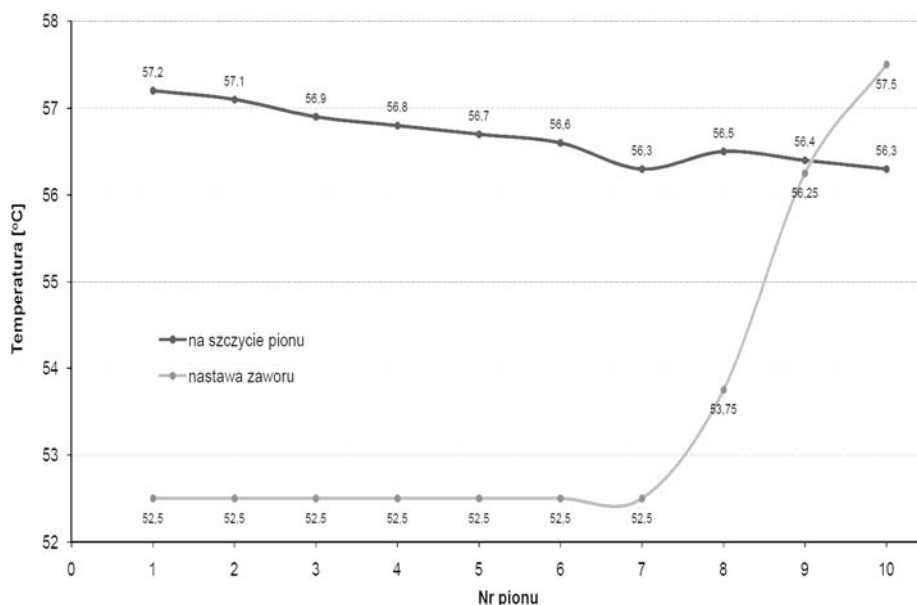
Rys. 4. Rozkład temperatur na szczytach pionów dla różnych sposobów regulacji cyrkulacji c.w.u. w instalacji z rur stalowych ocynkowanych bez izolacji termicznej pionów

Dla instalacji z rur polipropylenowych z całkowitą izolacją termiczną przewodów różnica temperatury w najwyższym punkcie pionu zasilającego najbliżej i najdalej położonego od węzła, przy braku regulacji hydraulicznej, wynosi ok. 3,3 K, przy regulacji kryzami ok. 2,3 K. Przy zastosowaniu termostaticznych zaworów podpionowych i dobranej ich nastawie różnice temperatury są identyczne jak w instalacji bez izolacji termicznej pionów, a temperatura mieści się w przedziale od 57 do 58°C. Widać również, że w instalacji z izolacją termiczną wszystkich przewodów, dla analizowanych sposobów regulacji hydraulicznej, temperatura nie obniża się poniżej wymaganej wartości +55°C.

### 3.3. Wpływ nastaw podpionowych zaworów termostatycznych na rozkład temperatury w instalacji

Dla instalacji z rur stalowych ocynkowanych bez izolacji termicznej pionów, wyposażonej w termostatyczne zawory cyrkulacyjne, przedstawiono graficzną zależność rozkładu temperatury w najwyższych punktach pionów zasilających od dobranych w programie wartości nastaw tych zaworów (rys. 5).

Z wykresu wynika, że pożądany rozkład temperatury w instalacji uzyskamy przy zróżnicowanych nastawach zaworów termostatycznych.



Rys. 5. Rozkład temperatur na szczytach pionów dla różnych wartości nastaw zaworów cyrkulacyjnych c.w.u. dla instalacji z rur stalowych ocynkowanych bez izolacji termicznej pionów

W celu uzyskania szerszego zakresu informacji przeanalizowano wpływ innych nastaw termostatycznych zaworów cyrkulacyjnych na rozkład temperatury w najwyższej położonych punktach pionów zasilających.

Uzyskane wyniki obliczeń pozwalają stwierdzić, iż rodzaj materiału, z jakiego wykonana jest instalacja ciepłej wody, nie ma istotnego wpływu na rozkład temperatury w porównywanych instalacjach. Natomiast istotny wpływ na te parametry ma izolacja termiczna przewodów. Zaizolowanie pionów powoduje zmniejszenie strat ciepła oraz ustalanie się wyższej średniej temperatury w instalacji.

### 3.4. Rezultaty przeprowadzonych badań

Dla użytkownika, oprócz możliwości uzyskania z instalacji ciepłej wody o wymaganej temperaturze, istotne są parametry energetyczne przekładające się bezpośrednio na koszty eksploatacji instalacji. W tabeli 2 zebrano wybrane parametry, w tym dotyczące start ciepła i energii pompowania, uzyskane dla analizowanych instalacji w wyniku przeprowadzonej symulacji komputerowym programem obliczeniowym.

Tabela 2. Wybrane parametry analizowanych instalacji ciepłej wody użytkowej

Instalacja z rur stalowych ocynkowanych z pionami bez izolacji termicznej							
Sposób regulacji	Jedn.	Zawory nastawa dobrana	Zawory nastawa 60°C	Zawory nastawa 55°C	Zawory nastawa 50°C	Kryzowanie	Brak regulacji
Straty ciepła cyrkulacji	W	7500	7662	7583	7244	7602	7564
Temp. min. na szczytach pionów	°C	56,3	55,3	55,7	54,1	55,0	51,8
Różnica temp. max. na szczytach pionów	K	0,9	3,5	2,3	2,0	3,7	8,6
Hp	k Pa	30	30	30	30	23	23
Vp	dm <sup>3</sup> /h	1062	1620	1244	744	1453	2088
Moc pompowania netto	W	8,6	13,0	10,0	6,0	9,0	16,8
Energia pompowania netto	kWh/rok	74,9	114,2	87,8	52,5	78,6	147,3
Instalacja z rur polipropylenowych z pionami bez izolacji termicznej							
Sposób regulacji	Jedn.	Zawory nastawa dobrana	Zawory nastawa 60°C	Zawory nastawa 55°C	Zawory nastawa 50°C	Kryzowanie	Brak regulacji
Straty ciepła cyrkulacji	W	7257	7435	7321	6968	7393	7406
Temp. min. na szczytach pionów	°C	56,5	56,1	55,8	53,7	56,1	53,1
Różnica temp. max. na szczytach pionów	K	0,6	2,5	1,9	2	2,4	4,2
Hp	k Pa	30	30	30	30	23	23
Vp	dm <sup>3</sup> /h	1118	1746	1278	724	1581	1915
Moc pompowania netto	W	9	14,1	10,3	5,8	9,8	11,9
Energia pompowania netto	kWh/rok	78,8	123,1	90,2	51	85,5	103,6

Instalacja z rur polipropylenowych z izolacją termiczną wszystkich przewodów							
Sposób regulacji	Jedn.	Zawory nastawa dobrana	Zawory nastawa 60°C	zawory nastawa 55°C	Zawory nastawa 50°C	Kryzowanie	Brak regulacji
Straty ciepła cyrkulacji	W	4221	4305	4237	4021	4276	4274
Temp. min. na szczytach pionów	°C	57,4	57,2	56,4	53,6	57	56,2
Różnica temp. max. na szczytach pionów	K	0,6	1,9	2,2	2,9	2,3	3,3
Hp	k Pa	25	25	25	25	15	15
Vp	dm <sup>3</sup> /h	834	1477	905	422	1250	1505
Moc pompowania netto	W	5,6	9,9	6,1	2,8	5,1	6,1
Energia pompowania netto	kWh/rok	49	86,8	53,2	24,8	44,1	53,1

Z tabeli 2 wynika, że na straty ciepła i energię pompowania w porównywalnych instalacjach rodzaj przewodów ma niewielki wpływ. Różnice w stratach ciepła i energii pompowania dla instalacji z rur ocynkowanych oraz instalacji z rur PP bez izolacji termicznej pionów, dla poszczególnych rozwiązań regulacji, z wyjątkiem instalacji bez elementów regulacyjnych, mieszczą się w granicach 3–5%.

Istotny wpływ na analizowane parametry ma izolacja termiczna przewodów. Straty ciepła w porównywanej instalacji z izolacją termiczną pionów i bez takiej izolacji są mniejsze o ponad 40%. Energia netto pompowania, związana z cyrkulacją w instalacji wyposażonej w zawory termostatyczne, jest znacznie niższa dla instalacji z izolacją termiczną wszystkich przewodów; redukcja energii netto wynosi 30÷40%, a przy kryzowaniu instalacji lub braku elementów regulacyjnych jest ona niemal dwukrotnie niższa.

Uwidacznia się też wpływ doboru nastaw termostatycznych zaworów regulacyjnych. Uwzględnienie indywidualnych nastaw termostatycznych zaworów cyrkulacyjnych powoduje zmniejszenie energii pompowania o ponad 12% w przypadku braku izolacji na pionach i ok. 8% w przypadku instalacji całkowicie izolowanej w stosunku do jednakowej nastawy tych zaworów +55°C.

## Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonej modernizacji instalacji wytwarzającej c.w.u. podwyższono stopień racjonalizacji gospodarki energią cieplną w badanym obiekcie. Wprowadzone rozwiązania spowodowały zmniejszenie zużycia cie-

plą, przeznaczonego na wytworzenie c.w.u., a w konsekwencji polepszenie efektywności eksploatacyjnej systemu grzewczego. Wymiernym efektem działań modernizacyjnych jest obniżenie kosztów za energię cieplną oraz podniesienie komfortu użytkownika obiektu.

Ze względów higienicznych bardzo ważnym celem, jaki został osiągnięty, jest uzyskanie wymaganej temperatury ciepłej wody użytkowej,  $+55^{\circ}\text{C}$  we wszystkich punktach czerpalnych.

Obecny system grzewczy zapewnia ponadto:

- pełne bezpieczeństwo użytkownikom,
- transformację parametrów termodynamicznych nośnika ciepła z poziomu sieci ciepłowniczej do poziomu wymaganego przez odbiorcę,
- możliwość pomiaru zużycia ciepła na potrzeby rozliczeń,
- regulację dostarczanej ilości ciepła,
- zabezpieczenie instalacji odbiorczej przed wzrostem temperatury i ciśnienia,
- ochronę przed stratami energii.

Aby potwierdzić skuteczność i celowość wprowadzonych zmian modernizacyjnych, należy przeprowadzić badania kontrolno-pomiarowe. Badania powinny być prowadzone w okresie wynoszącym co najmniej półtora roku, obejmującym dwa okresy grzewcze (październik–maj), jeden przed modernizacją i drugi bezpośrednio po niej.

## Bibliografia

1. Chmielnicki W.: Węzły ciepłownicze. Analiza układów regulacji. Ciepłownictwo. Ogrzewnictwo. Wentylacja, 7–8/2009.
2. Heinrich M., Jasica G.: Koncepcja wyznaczania wskaźnika jakości eksploatacyjnej wybranych obiektów pracujących cyklicznie. ZEM, z. 3(143) 2005, s. 111–118.
3. Małysa A., Szaflik W.: Obliczanie instalacji ciepłej wody użytkowej z cyrkulacją. Ciepłownictwo. Ogrzewnictwo. Wentylacja. 10/2000.
4. Nejranowski J., Szaflik W.: Wpływ regulacji hydraulicznej i izolacji instalacji ciepłej wody użytkowej z cyrkulacją na rozkład temperatury w przewodach. Ciepłownictwo. Ogrzewnictwo. Wentylacja. 12/2008.
5. Norma PN-B-02421 Izolacje cieplne przewodów, armatury i urządzeń. Wymagania i badania odbiorcze.
6. Norma PN-B-02421 Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu.
7. Szargut J., Ziębik A.: Podstawy energetyki cieplnej. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.

Recenzent:

**Dorota WÓJCICKA-MIGASIUK**

## **The influence of modernisation on the exploitation efficiency of a heating system**

### **Key-words**

Exploitation efficiency, heating system, modernisation.

### **Summary**

The paper presents the influence of modernisation on a heating system. The method is applied for the water heating installation of a building complex in accordance with standards. Reduction of heating cost, maintenance rationalisation, and operational use are the main results of modernisation.

