

Piotr LIS, Anna LIS
Politechnika Częstochowska

SYSTEM CENTRALNEGO OGRZEWANIA I JEGO WPŁYW NA ZUŻYCIE CIEPŁA DO OGRZEWANIA BUDYNKÓW

W artykule wykorzystano wyniki badań własnych prowadzonych w budynkach edukacyjnych. Dla scharakteryzowania systemów centralnego ogrzewania w badanych budynkach poddano analizie kilka cech zasadniczych dla systemu ogrzewania. Zaliczono do nich: rodzaj źródła zasilania w ciepło instalacji centralnego ogrzewania, eksploatację instalacji, wyposażenie systemu centralnego ogrzewania w urządzenia i automatykę regulacyjną, charakterystykę źródła ciepła w kotłowniach własnych oraz eksploatację indywidualnego źródła ciepła.

Słowa kluczowe: system centralnego ogrzewania, budynki edukacyjne

WPROWADZENIE

W Polsce około 60% budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej ogrzewanych jest ze źródeł scentralizowanych. System ogrzewania nazywany jest centralnym, jeżeli zadaniem urządzenia grzewczego jest ogrzanie jednego lub kilku pomieszczeń oddalonych od miejsca powstawania ciepła. Występują w nim dwa podstawowe elementy, tj. źródło ciepła oraz instalacja centralnego ogrzewania zapewniająca doprowadzenie czynnika grzewczego i jego wykorzystanie. Zadaniem systemu jest dostarczenie do ogrzewanych pomieszczeń ciepła w ilości niezbędnej do utrzymania odpowiedniej temperatury. Poprawność i poziom rozwiązań projektowo-technicznych oraz obsługa i konserwacja poszczególnych elementów systemu centralnego ogrzewania wpływają w znaczący sposób na sprawność wytwarzania i dostarczania ciepła, a tym samym na rzeczywistą charakterystykę cieplno-energetyczną budynku jako budowlano-instalacyjnej całości. Ogólnie rozumiane potrzeby cieplne związane z ogrzewaniem obiektu oczywiście nie ulegają w tym przypadku zmianie. Zmianie ulega natomiast ilość ciepła, którą należy wytworzyć i dostarczyć dla ich zaspokojenia. W przypadku systemu centralnego ogrzewania o niskiej sprawności ilość ta będzie dużo większa, ponieważ musi ona pokryć straty wynikające z jego słabych parametrów techniczno-użytkowych.

W artykule wykorzystano wyniki badań własnych prowadzonych w budynkach oświatowych. Dla scharakteryzowania systemów centralnego ogrzewania w badanych budynkach poddano analizie kilka cech zasadniczych dla systemu ogrzewania.

Zaliczono do nich: rodzaj źródła zasilania w ciepło instalacji centralnego ogrzewania, eksploatację instalacji, wyposażenie systemu centralnego ogrzewania w urządzenia i automatykę regulacyjną, charakterystykę źródła ciepła w kotłowniach własnych oraz eksploatację indywidualnego źródła ciepła.

Analizowaną problematykę ograniczono do systemów centralnego ogrzewania wykorzystujących jako nośnik ciepłą wodę oraz zasilanych w ciepło ze scentralizowanych (ciepłownie Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej) lub indywidualnych źródeł ciepła (kotłownie własne). W zdalaczynnych systemach ogrzewania, zasilanych z ciepłowni, zakresem omawianej problematyki nie objęto źródła ciepła i sieci przesyłowej z uwagi na brak wpływu bezpośredniego użytkownika budynku na ich parametry i sposób eksploatacji. Przedstawiono jednak zagadnienia związane z węzłami cieplnymi, będącymi w określonych przypadkach elementem systemu ogrzewania istotnym dla odbiorców ciepła.

1. ŹRÓDŁA CIEPŁA W SYSTEMIE CENTRALNEGO OGRZEWANIA

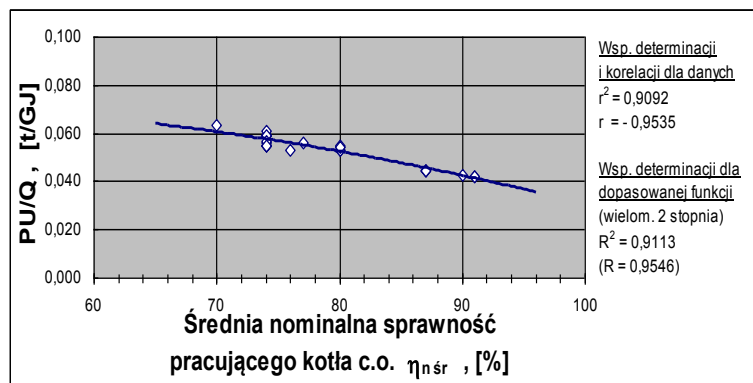
Podstawowym parametrem w ocenie kotłów centralnego ogrzewania jest sprawność nominalna η_n i użytkowa η_u wytwarzania ciepła. Sprawność nominalna jest wielkością podawaną przez producenta, natomiast sprawność użytkowa charakteryzuje rzeczywistą sprawność wytwarzania ciepła. Im wyższa sprawność kotła, tym mniej paliwa trzeba zużyć do wytworzenia określonej ilości ciepła. Różnice występujące w tym zakresie są znaczne, co nie pozostaje bez wpływu na ilość zużywanego opału i koszty ogrzewania budynku. Oprócz pomiarowej metody bezpośredniego określania sprawności kotłów wartości te można określić metodą pośrednią, dysponując sumą strat cieplnych spalania odejmowanych od jedności. Straty cieplne spalania to: strata wylotowa, strata niecałkowitego spalania, strata niepełnego spalania, strata do otoczenia, strata odmulania, strata postojowa. W praktyce uwzględnia się najczęściej pierwsze cztery. Przy określaniu wartości η_u prostszym rozwiązaniem jest jej oszacowanie dla danego kotła na podstawie wspomnianych informacji oraz zdobytych danych o parametrach technicznych kotła i warunkach jego eksploatacji. Pomocne w tym przypadku są także istniejące wyniki badań sprawności różnego typu kotłów. Przeciętne wartości η_u dla poszczególnych rodzajów kotłów przedstawiono w tabeli 1 (na podstawie informacji od producentów).

Wymiana lub modernizacja kotłów ma na celu zwiększenie sprawności wytwarzania ciepła i zmniejszenie zużycia paliwa, czyli obniżenie kosztów ogrzewania. Do oceny wpływu sprawności kotłów na energochłonność ogrzewania budynków można posłużyć się wskaźnikiem PU/Q , przedstawiającym ilość paliwa umownego PU niezbędnego dla wytworzenia jednostki ciepła Q . Znając jego wartości oraz parametry charakteryzujące źródła ciepła, można prześledzić, jak sprawność kotła wpływa na wartości ww. wskaźnika. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono przykłado-

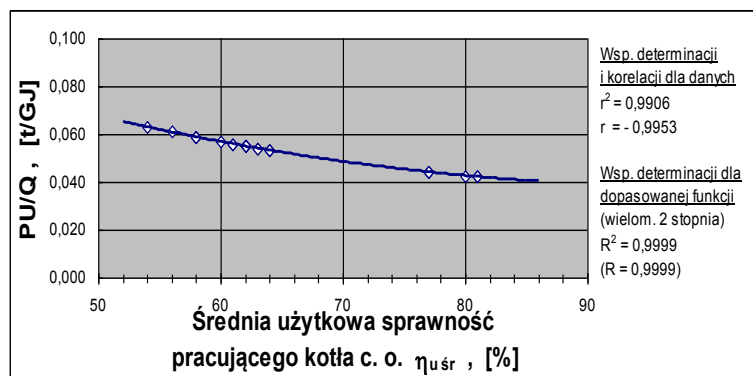
we wykresy zależności pomiędzy wskaźnikiem PU/Q a sprawnością nominalną $\eta_{n\text{sr}}$ i użytkową $\eta_{u\text{sr}}$ kotła na podstawie badań przeprowadzonych w budynkach szkół.

Tabela 1. **Sprawności użytkowe η_u różnych indywidualnych źródeł ciepła**

Źródło ciepła	η_u , %
Kotły c.o. na paliwo stałe (węgiel, koks)	50÷55
Kotły c.o. olejowe starszej konstrukcji	63÷65
Kotły c.o. olejowe z palnikami wentylatorowymi	90
Kotły c.o. gazowe starszej konstrukcji z ciągiem naturalnym (zapalanie płomykiem)	65÷70
Kotły c.o. gazowe nowszej konstrukcji (zapalanie piezoelektryczne)	74÷78
Kotły gazowe nowszej konstrukcji ze skojarzonym wytwarzaniem ciepła dla c.o. i c.w.u. (zapalanie piezoelektryczne)	91÷93
Kotły c.o. gazowe kondensacyjne z pełną automatyką, wymuszony obieg spalin i wody	98



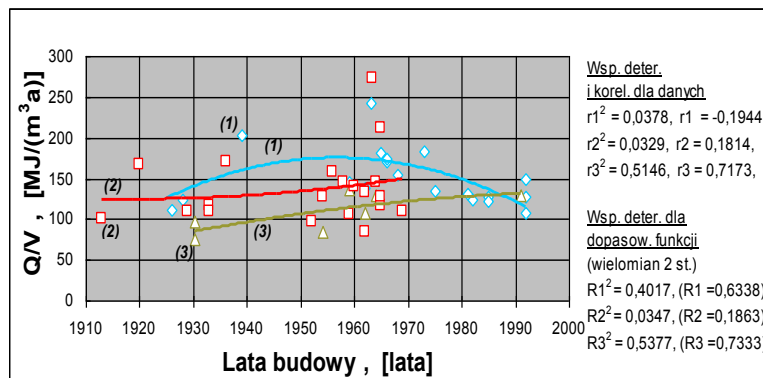
Rys. 1. Ilość paliwa umownego zużytego do wytworzenia 1 GJ ciepła w kotłowniach w zależności od nominalnej sprawności pracującego kotła c.o. $\eta_{n\text{sr}}$, t/GJ



Rys. 2. Ilość paliwa umownego zużytego do wytworzenia 1 GJ ciepła w kotłowniach w zależności od oszacowanej użytkowej sprawności pracującego kotła c.o. $\eta_{u\text{sr}}$, t/GJ

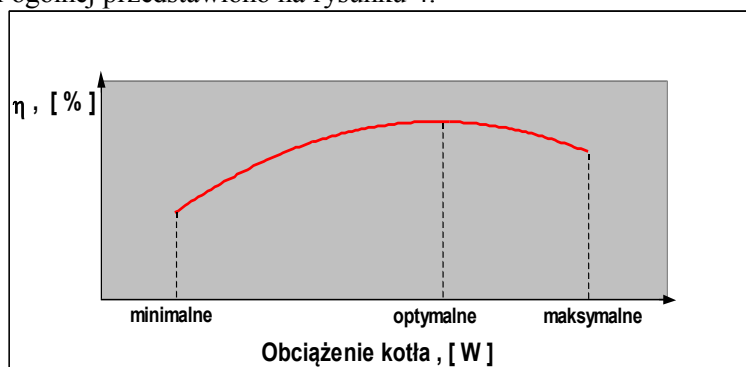
Wysokie wartości współczynnika korelacji dla zależności przedstawionych na wykresach oraz ich statystyczna istotność ustalona na podstawie obliczeń przeprowadzonych z zastosowaniem testu t-Studenta świadczą o ich dużej sile. Opracowywanie podobnych wykresów może dostarczyć dodatkowych informacji, istotnych przy podejmowaniu decyzji o wymianie lub modernizacji kotła centralnego ogrzewania.

Analiza kosztów ogrzewania obiektów wyposażonych w tradycyjne kotły wykorzystujące paliwo stałe wykazuje, że przy łagodnych zimach koszty obsługi takich kotłowni często przewyższają koszty zużywanego paliwa. Wyposażenie kotłów centralnego ogrzewania w automatykę regulacyjną podnosi sprawność regulacji źródła ciepła, co jest szczególnie ważne w budynkach o okresowym wykorzystaniu pomieszczeń. Kotły gazowe doskonale nadają się do pracy z automatycznym lub pół-automatycznym sterowaniem, przyczyniając się do zmniejszenia zużycia ciepła do ogrzewania budynku o około 5-15%. Wymiana przestarzałych kotłów węglowych lub koksowych na kotły gazowe to z kolei około 30% oszczędność energii pierwotnej, nie wspominając o korzyściach ekologicznych. Działaniom modernizacyjnym dotyczącym źródeł ciepła powinna towarzyszyć także modernizacja samej instalacji centralnego ogrzewania, np. częste obecnie przerabianie grawitacyjnych instalacji centralnego ogrzewania na instalacje z wymuszonym pompowym obiegiem czynnika grzewczego. Kotły gazowe z odpowiednim oprzyrządowaniem można więc uznać za bardziej sprzyjające racjonalnej gospodarce ciepłem w ogrzewanym budynku niż takie źródła ciepła, jak kotły węglowe lub koksowe w kotłowniach indywidualnych czy w ciepłowniach Przedsiębiorstw Energetyki Ciepłej. Teza ta zdaje się znajdować potwierdzenie także w wynikach badań przeprowadzonych w rozpatrywanych budynkach oświatowych, z których 54% posiadało kotłownię własną, a pozostałe były zasilane z ciepłowni należącej do Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej. Zużycie ciepła w rozpatrywanych budynkach wybudowanych w poszczególnych latach przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Zużycie ciepła w budynkach wybudowanych w poszczególnych latach, zasilanych w ciepło: z PEC (1), z kotłowni węglowych lub koksowych (2), z kotłowni gazowych (3)

Przy okazji omawiania sprawności indywidualnych źródeł ciepła należy wspomnieć o zmienności tej wielkości w zależności od obciążenia kotła. Zależność tę w postaci ogólnej przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Sprawność kotła η w funkcji obciążenia

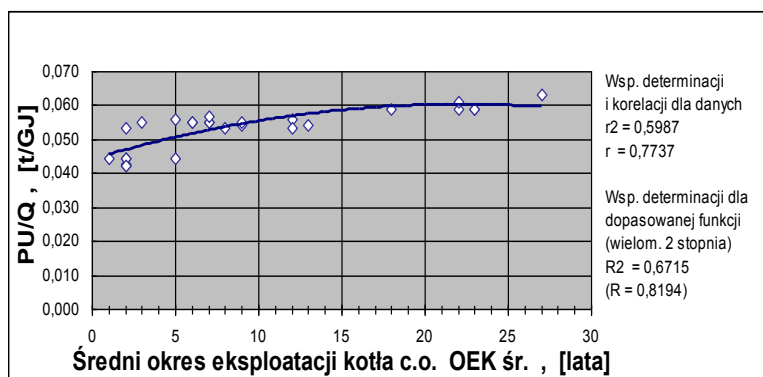
Z punktu widzenia maksymalizacji sprawności użytkowej, z jaką pracuje kocioł, korzystne jest, by jego obciążenie nie osiągało wartości maksymalnej i było utrzymywane na pewnym optymalnym poziomie. Jeżeli obciążenie kotła centralnego ogrzewania zmienia się w zbyt dużym przedziale, to sprawność użytkowa η_u kotła jest mniejsza od możliwej do osiągnięcia wartości maksymalnej. Optymalne z powyższego względu obciążenie jest mniejsze dla kotłów węglowych, a większe dla gazowych [1]. Ponadto kotły węglowe praktycznie nie mogą pracować w warunkach zbyt obniżonego wykorzystania mocy nominalnej, ponieważ powoduje to gwałtowny wzrost emisji zanieczyszczeń. Utrzymanie obciążenia kotła centralnego ogrzewania na jednym, względnie stałym, poziomie jest niemożliwe, dlatego wprowadzono tzw. optymalny dla sprawności użytkowej przedział obciążenia od 50 do 100% mocy znamionowej kotła [1].

Biorąc pod uwagę osiągnięcie przez kocioł centralnego ogrzewania maksymalnej sprawności przy określonym jego obciążeniu, powinno się podjąć odpowiednie, niskonakładowe działania organizacyjne stwarzające ku temu odpowiednie warunki. Działania takie to: opracowanie grafiku pracy grupy kotłów, opracowanie instrukcji obsługi kotłów i bieżąca kontrola jej przestrzegania. Należy jednak pamiętać, że niewielka ilość sadzy i popiołu może spowodować spadek mocy kotła opalanego węglem kamiennym o około 30%. Wymienione działania umożliwiają obniżenie sezonowego zużycia opału o 3÷8% [2]. Przedstawione na rysunku 4 zjawisko zmienności sprawności użytkowej kotła w zależności od jego obciążenia pozostaje także w pewnej zbieżności z zasadami doboru indywidualnego źródła ciepła do potrzeb cieplnych ogrzewanego budynku. Kotły centralnego ogrzewania przewidziane do zainstalowania w kotłowni powinny być dobierane przy zachowaniu rezerwy mocy w stosunku do wyznaczonego zapotrzebowania na moc cieplną budynku. Przy ich doborze należy jednak pamiętać, aby nie posiadały zbyt dużej, jak na istniejące potrzeby, mocy znamionowej. W takich przypadkach wskaźnik wykorzystania mocy kotła

już przy sporadycznie występujących maksymalnych potrzebach cieplnych budynku będzie osiągał zbyt małe wartości. W warunkach przeciętnego sezonu grzewczego sytuacja ta jeszcze się pogorszy, wpływając na zmniejszenie wartości sprawności użytkowej źródła ciepła. Tego typu sytuacje występują dość często przy wymianie kotła centralnego ogrzewania i późniejszym przeprowadzeniu prac termomodernizacyjnych zmniejszających potrzeby ciepłe budynku.

Przy okazji omawianych zagadnień warto zwrócić uwagę na czynnik, mogący mieć wpływ na zbyt dużą energochłonność ogrzewania budynku, jakim jest okres eksploatacji kotła OEK, jak i całej instalacji centralnego ogrzewania. Wielkość tę należy rozpatrywać pod dwoma względami. Wiek kotła centralnego ogrzewania w sposób oczywisty wpływa na techniczne zesterzenie się zastosowanych tam rozwiązań oraz na obniżenie jego sprawności. Okres eksploatacji źródła ciepła, jak i instalacji przy poważnych zaniedbaniach w obsłudze technicznej może jednak dodatkowo pogarszać ten stan rzeczy. Mówiąc o okresie eksploatacji OEK, należy również wspomnieć, że jest on jednym z ważnych czynników uwzględnianych przy podejmowaniu decyzji o np. wymianie kotła centralnego ogrzewania czy modernizacji systemu centralnego ogrzewania.

Zbadanie wpływu okresu eksploatacji systemu centralnego ogrzewania budynku na zużycie ciepła Q do jego ogrzewania może dostarczyć informacji o występowaniu i orientacyjnej skali niedociągnięć użytkownika budynku w tym zakresie. Na rysunku 5 przedstawiono wykres zależności pomiędzy ilością paliwa umownego PU zużytego do wytworzenia 1 GJ ciepła w kotłowniach własnych rozpatrywanych budynków oświatowych a średnim okresem eksploatacji pracującego kotła centralnego ogrzewania OEK_{sr} .



Rys. 5. Ilość paliwa umownego zużytego do wytworzenia 1 GJ ciepła w kotłowniach własnych w zależności od średniego okresu eksploatacji pracującego kotła c.o. OEK_{sr} , t/GJ

2. WĘZŁY CIEPLNE

W budynkach zasilanych w ciepło ze źródeł scentralizowanych, jak ma to miejsce w przypadku ciepłowni Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej, pozostających poza wpływem odbiorców ciepła, znaczenia nabierają węzły ciepłownicze. Często są one umiejscowione w budynkach, gdzie ciepło jest dostarczane i rozdzielane. Poziom techniczny większości polskich węzłów ciepłowniczych pozostaje na światowym poziomie lat 50. Aż 50% z nich nie posiada żadnych urządzeń regulacyjnych, a tylko 15% jest całkowicie zautomatyzowanych i wyposażonych w ciepłomierze [3]. Tak niski stopień automatyzacji i opomiarowania znacząco zmniejsza sprawność procesu rozdziału ciepła. Potencjał oszczędności uruchomiony w wyniku podjęcia modernizacji węzłów ciepłowniczych szacuje się na około 10÷15% [3]. W budynkach charakteryzujących się okresowością pracy, tak jak w przypadku budynków oświatowych, szczególnie duże znaczenie ma zastosowanie automatyki pogodowo-czasowej. Oczywiście, nie bez znaczenia pozostaje sam system rozliczania za ciepło dostarczone przez ciepłownię, oparty na wskazaniach liczników ciepła i podzielników kosztów. Liczniki ciepła są również nieodzowne przy zbieraniu danych o rzeczywistym zużyciu ciepła do ogrzewania budynków i tworzeniu bazy informacyjnej dla obiektów, stanowiącej podstawę do przygotowaniu inwestycji termomodernizacyjnych. Stworzenie odbiorcom możliwości opomiarowania i regulacji zużywanego ciepła przez zainstalowanie liczników, podzielników kosztów i zaworów termostatycznych może przynieść oszczędności od 5 do 25%.

W nowoczesnych i poprawnie funkcjonujących zdalaczynnych systemach centralnego ogrzewania o lokalnym lub większym zasięgu zużycie paliwa jest mniejsze o 5÷20% niż przy wytwarzaniu ciepła w indywidualnych źródłach [4]. Niestety, w naszym kraju taki pogląd jest mało popularny szczególnie wśród odbiorców ciepła od przedsiębiorstw ciepłowniczych, głównie z uwagi na częste praktyki monopolistyczne stosowane przez te podmioty gospodarcze.

3. ELEMENTY INSTALACJI CENTRALNEGO OGRZEWANIA

Znaczącą rolę w racjonalizacji zużycia ciepła do ogrzewania ma wyposażenie całego systemu centralnego ogrzewania (źródło ciepła i instalacja) w automatykę regulacyjną dostosowującą jego wydajność do zmieniających się warunków i potrzeb ciepłych budynku. Wspomniane warunki to aktualnie panujące warunki atmosferyczne, oczekiwane wartości parametrów mikroklimatu ogrzewanych pomieszczeń oraz specyfika eksploatacyjna poszczególnych grup budynków. Głównymi elementami automatyki regulacyjnej są urządzenia automatycznej regulacji czasu i temperatury ogrzewania w zależności od warunków pogodowych (w skali całego budynku), instalowane w źródle ciepła lub w węźle ciepłowniczym oraz termostaty grzejnikowe, utrzymujące zadaną temperaturę powietrza w pomieszczeniu, gdzie je zamontowano. Urządzenia te wraz z towarzyszącą im armaturą mogą funkcjonować odrębnie, chociaż korzystniej jest, aby tworzyły pewnego rodzaju system regulacyjny. Już jednak samo zainstalowanie termostatów grzejnikowych pozwala zmniejszyć

zużycie ciepła o 10÷15%, m.in. dzięki wykorzystaniu bytowych i słonecznych zysków ciepła. W krajach Europy Zachodniej stosowane są bardziej zaawansowane rozwiązania pozwalające na monitorowanie systemu ogrzewania i sterowanie nim. Ważna jest również kontrola zużycia ciepła, gdyż bez jej sprawowania dochodzi często do niekontrolowanego wzrostu zużycia ciepła mimo zainstalowania urządzeń optymalizujących. Stosowanie tzw. adaptacyjnych układów sterowania ogrzewaniem budynku (adaptive control, dynamic control) w określonych warunkach umożliwia ograniczenie zużycia ciepła o około 20% przy jednoczesnej poprawie komfortu cieplnego osób przebywających w pomieszczeniach [5]. Oszczędność w zużyciu ciepła uzyskiwana jest w ww. przypadkach głównie dzięki poprawieniu sprawności regulacji systemu ogrzewania. Ilustracją dla omawianych zagadnień są dane przedstawione w tabeli 2 [1, 6].

Tabela 2. **Sprawności procesu regulacji w budynkach mieszkalnych**

Źródło ciepła	Sprawność regulacji %
Zawory termostatyczne w wybranych pomieszczeniach	76
Zawory termostatyczne we wszystkich pomieszczeniach	81
Regulacja pogodowa temperatury zasilania	79
Zawory termostatyczne i regulacja pogodowa	93
Bez automatyki	70

Zastosowanie sterowania ogrzewaniem ma szczególnie duże znaczenie w budynkach użyteczności publicznej wykorzystywanych często jedynie przez 1/2 lub 1/3 doby. Nie zaleca się oczywiście stosowania obniżania temperatury w nocy w ogrzewanych budynkach z niską akumulacyjnością cieplną. Powoduje to bowiem wzrost zużycia ciepła z uwagi na zbyt duże wychłodzenie budynku.

Niestety, większość budynków użyteczności publicznej w Polsce nie posiada automatyki regulacyjnej systemu ogrzewania, co uniemożliwia wykorzystanie czynników klimatycznych i okresowości eksploatacji dla zmniejszenia zużycia ciepła do ich ogrzewania. Na podstawie doświadczeń krajowych i zagranicznych uważa się, że instalowanie urządzeń automatycznej regulacji systemu ogrzewania w takich obiektach jest uważane za najbardziej efektywne ekonomicznie.

Zasadniczymi elementami grzewczymi każdej wewnętrznej instalacji centralnego ogrzewania są grzejniki. Ich wybór i usytuowanie ma także wpływ na ilość ciepła zużywanego do ogrzewania, z powodu różnych sprawności oferowanych grzejników oraz ograniczania ich zdolności grzewczych przez wadliwą lokalizację w pomieszczeniach. Rodzaj zastosowanego systemu ogrzewania oraz kształt i rozmieszczenie elementów grzejnych wpływa także na kształtowanie się rozkładu temperatury powietrza w pionie wewnątrz pomieszczenia i zaburzenia w odczuwaniu komfortu cieplnego użytkowników pomieszczeń. Podobnie jak w przypadku źródeł ciepła, za-

sadnicze znaczenie w ocenie grzejników ma ich sprawność, która dla różnych typów urządzeń wykonanych z tego samego materiału może różnić się nawet o około 15%. Fakt ten potwierdzają dane z tabeli 3 [1, 6]. Jeśli chodzi natomiast o prawidłowe usytuowanie grzejników, to zabieg ten na etapie projektowania nie wymaga nakładów finansowych i pozwala uniknąć zwiększonej dostawy ciepła dla pokrycia zmniejszenia wydatku ciepła o wartości podane w tabeli 4. Wartości te wynikają tylko z analizy wpływu usytuowania grzejników przy ograniczeniu wpływu innych czynników, np. niedostatecznej izolacyjności ścian zewnętrznych za grzejnikiem [1, 2, 6].

Tabela 3. **Sprawności różnych rodzajów grzejników centralnego ogrzewania**

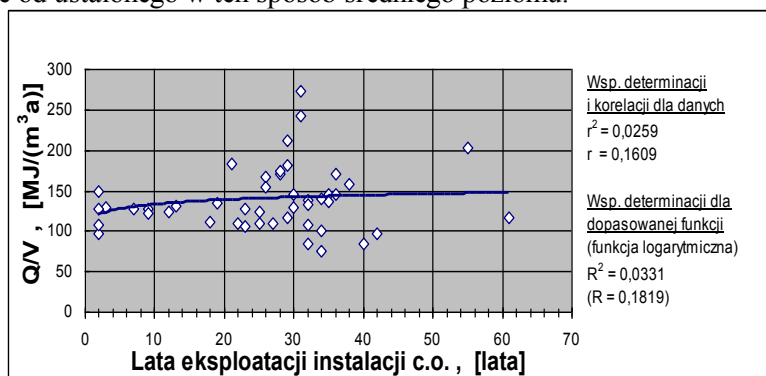
Rodzaj grzejnika centralnego ogrzewania	Sprawność grzejnika c.o., %
Ogrzewanie podłogowe	97÷99
Grzejnik rurowy małej średnicy	97÷99
Grzejni płytowy	95÷97
Grzejnik członowy podokienny o małej głębokości budowlanej	91
Grzejnik członowy podokienny o dużej głębokości budowlanej	86
Grzejnik członowy wysoki	84
Konwektor listwowy	95
Rura ożebrowana	95

Tabela 4. **Wpływ usytuowania grzejników c.o. na spadek ich mocy grzewczej**

Usytuowanie grzejnika w ogrzewanym pomieszczeniu	Zmniejszenie wydatku ciepła, %
Grzejnik pod oknem	0
Grzejnik przy ścianie bocznej	10
Grzejnik przy ścianie bocznej pod sufitem	10÷20
Grzejnik pod półką powyżej 50 mm	5
Grzejnik w obudowie ze szczelinami 100 mm	10
Grzejnik w obudowie ze szczelinami 50 mm	15
Grzejnik w obudowie ze szczelinami 50 mm osłoniętymi siatką	do 40
Grzejnik z piankowym ekranem zagrzejnikowym	4
Grzejnik z piankowym ekranem i folią aluminiową	10

W przypadku starych budynków eksploatowanych przez dłuższy okres należy brać pod uwagę wymianę przestarzałych grzejników na nowe o lepszych parametrach. Działanie takie może dać znaczący efekt energetyczny, ponieważ sprawność grzejników centralnego ogrzewania z wewnętrznym osadem powstałym wskutek długiej ich eksploatacji może zmniejszyć się do 50% [1, 6]. Terminowe przeglądy

i odpowiednia obsługa techniczna instalacji centralnego ogrzewania mogą zapobiec tak dużemu obniżeniu sprawności grzejników. Istotnych informacji o bieżącym stanie instalacji w analizowanej grupie budynków może dostarczyć wykres przedstawiony na rysunku 6. Ukazuje on zmiany energochłonności ogrzewania, wyrażone ilością ciepła Q , potrzebną do ogrzania 1 m^3 kubatury V budynku, w zależności od wieku eksploatowanej instalacji centralnego ogrzewania. Na jego podstawie można ustalić przeciętny przebieg wspomnianej zależności oraz wskazać obiekty wyraźnie odstające od ustalonego w ten sposób średniego poziomu.



Rys. 6. Zużycie ciepła w zależności od okresu eksploatacji instalacji centralnego ogrzewania

W większości analizowanych obiektów instalację centralnego ogrzewania wyposażono w żeliwne grzejniki żeberkowe. Tylko 3 obiekty z lat 80. wyposażone były w stalowe grzejniki panelowe. Wymienione rodzaje grzejników nie posiadały zaworów i głowic termostatycznych. Przeciętny wiek instalacji centralnego ogrzewania wynosił 26 lat przy dość dużej zmienności tej wartości, wynoszącej 48,8%. Rozpiętość wartości określona empirycznym obszarem zmienności wyniosła w tym przypadku 59 lat. Za typowe uznano około 70% badanych budynków, w których instalacja centralnego ogrzewania funkcjonowała od 13 do 39 lat.

PODSUMOWANIE

Duża ilość kotłów starego typu o niskiej sprawności funkcjonujących w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej, także w badanej zbiorowości budynków oświatowych, świadczy o sporych możliwościach tkwiących w modernizacji kotłowni i wymianie kotłów centralnego ogrzewania na nowoczesne o znacznie wyższej sprawności. Prowadzenie takich działań z pewnością przyczyni się do zmniejszenia zużycia paliw i obniżenia emisji szkodliwych substancji do atmosfery. W omawianych przypadkach można także rozważyć inną możliwość, którą jest podłączenie budynku do zdalaczynnego systemu ogrzewania. Jak wykazują prowadzone badania w tym zakresie, w nowoczesnych i poprawnie funkcjonujących

zdalaczynnych systemach centralnego ogrzewania o lokalnym lub większym zasięgu zużycie paliwa jest mniejsze o około 5÷20% niż przy wytwarzaniu ciepła w indywidualnych źródłach [4]. Niestety, rozwiązanie to w warunkach Polski wydaje się być jednak rozwiązaniem przyszłościowym, z uwagi na praktyki monopolistyczne dość często stosowane przez Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej, a niekorzystne finansowo dla odbiorców ciepła.

Efekty wpływu rodzaju źródła ciepła na własności cieplno-energetyczne budynków, w połączeniu z możliwościami ingerencji w wytwarzanie i rozdział ciepła, powinny znaleźć odbicie w niejednakowym poziomie wartości zużycia ciepła dla budynków zasilanych w ciepło z różnych źródeł. Stwierdzono jednak, że przeciętnie największe wartości zużycia ciepła występowały w badanych budynkach ogrzewanych przez Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej. Mniejsze o około 16% są wartości zużycia ciepła dla budynków z kotłowniami węglowymi lub koksowymi, a z kolei wartości zużycia ciepła dla obiektów z kotłowniami gazowymi niższe są o około 26%. Różnice te mogą jednak występować z innych powodów, niż rozważane. Dodatkowych informacji w tym zakresie dostarcza analiza wartości wskaźnika odnoszącego się do mocy zamówionej. Wspomniane wartości są niewrażliwe na rzeczywiste warunki eksploatacji systemu ogrzewania. Również w tym przypadku występują różnice w wartościach mocy dla grup budynków ogrzewanych z różnych źródeł ciepła. Są one jednak znacznie mniejsze niż w przypadku zużycia ciepła. Pośrednio potwierdza to jednak istnienie wpływu rodzajów źródeł zasilania budynków w ciepło na wartości zużycia.

Wpływ wybranych wielkości charakteryzujących kotły centralnego ogrzewania na energochłonność ogrzewania określono pośrednio przez zbadanie ich wpływu na ilość paliwa umownego PU zużywanego do wytworzenia 1 GJ ciepła. Wpływ długości okresu eksploatacji kotłów OEK na energochłonność ogrzewania rozpatrywanej zbiorowości budynków oświatowych oceniono jako statystycznie istotny. Największe zmiany w ilości zużywanego paliwa umownego do wytworzenia 1 GJ ciepła występują dla pierwszych 10 lat pracy kotła. Później ulegają one dwukrotnemu zmniejszeniu, by powyżej 20 lat prawie całkowicie zaniknąć. Należy jednak podkreślić, że silna zależność pomiędzy ww. wielkościami jest przede wszystkim spowodowana osiągnięciem w nowszych typach kotłów wyższych sprawności wytwarzania ciepła, a nie dużymi zaniedbaniami w ich obsłudze.

Sprawności użytkowe kotłów centralnego ogrzewania są dla urządzeń opalanych gazem ziemnym większe przeciętnie o około 18% w stosunku do kotłów na paliwo stałe. W przytaczanych wynikach badań własnych węglowe i koksowe kotły centralnego ogrzewania charakteryzowały się przeciętną sprawnością użytkową wynoszącą około 60%, a dla urządzeń opalanych gazem ziemnym wyniosła ona około 78%. Oszacowane wartości sprawności eksploatowanych w budynkach oświatowych kotłów centralnego ogrzewania różnią się jedynie w zakresie $\pm 2,6\%$ od wyników badań kotłów centralnego ogrzewania publikowanych przez innych autorów. Powyższe wyniki badań ponownie potwierdzają duże możliwości modernizacyjne

kotłowni w rozpatrywanej strukturze budynków poprzez wymianę kotłów na paliwo stałe na bardziej efektywne kotły centralnego ogrzewania. Pozwoliłoby to zaoszczędzić około 20% energii i zastosować automatykę regulującą wytwarzanie ciepła. To z kolei stworzyłoby możliwości dalszych 5÷15% oszczędności. Działania tego typu są z powodzeniem realizowane w innych krajach Unii Europejskiej [5, 7, 8].

Zakres wykorzystania mocy pracujących kotłów centralnego ogrzewania występujący w wielu kotłowniach, w tym w kotłowniach mieszczących się w rozpatrywanych zbiorowościach budynków oświatowych, wynoszący od 50 do 117%, może nie zapewniać, szczególnie przy niższych wartościach wykorzystania mocy, utrzymania obciążenia kotła na optymalnym poziomie dla sprawności użytkowej tych urządzeń, określanym na 50÷100% [1]. Tę niekorzystną dla energochłonności ogrzewania sytuację można zmienić, np. wymieniając jeden przestarzały kocioł centralnego ogrzewania na dwa lub więcej nowoczesnych kotłów o mniejszej mocy. Umożliwiłoby to wprowadzenie grafiku pracy tych urządzeń w zależności od zmieniających się potrzeb ciepłych badanych budynków. W przypadku kotłowni, gdzie funkcjonuje więcej niż jeden kocioł centralnego ogrzewania, wprowadzenie takiego rozwiązania organizacyjnego jest możliwe od zaraz. Pozwoli to na obniżenie sezonowego zużycia opału o 3÷8%.

Powyższe zagadnienia nabierają dodatkowego znaczenia w przypadku wykonania modernizacji kotłowni przed przeprowadzeniem poprawy termoizolacyjności przegród zewnętrznych budynku, po którym zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania maleje, a rezerwa mocy kotłowni rośnie.

Instalacje centralnego ogrzewania w rozpatrywanych budynkach w przeważającej większości wyposażone są w grzejniki żeliwne lub w przypadku budynków z lat 80. w nowocześniejsze, ale o niskiej jakości wykonania, stalowe grzejniki panelowe. W przypadku modernizacji instalacji centralnego ogrzewania warto więc rozważyć możliwość wymiany grzejników żeliwnych członowych zwykle o deklarowanej sprawności 86÷91% na grzejniki płytowe o sprawności 95÷97%. Oczywiście, efekt związany z racjonalizacją zużycia ciepła będzie tu większy, gdyż wyeksploatowane grzejniki charakteryzują się znacznie niższą sprawnością. W znacznej części ogrzewanych obiektów, w tym w analizowanych budynkach oświatowych, grzejniki centralnego ogrzewania umieszczono we wnękach podokiennych. W większości obiektów były one dodatkowo zabudowane lub osłonięte. Było to niewątpliwie przyczyną zmniejszenia skuteczności funkcjonowania grzejników szacunkowo o około 10%. Stratę tę można prawie całkowicie ograniczyć, stosując ekrany za-grzejnikowe z folią aluminiową, dające oszczędność ciepła około 5÷8% przy czasie zwrotu poniesionych nakładów SPBT równym do 2 lat.

Przeciętny okres eksploatacji instalacji centralnego ogrzewania w budynkach jest zazwyczaj równy średniemu wiekowi ogółu budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej w naszym kraju wyposażonych w instalacje centralnego ogrzewania. Wyniki badań przeprowadzonych w budynkach oświatowych dają podstawę do stwierdzenia, że wpływ wieku instalacji centralnego ogrzewania na zużycie ciepła w ogrzewanych obiektach przy odpowiedniej jej eksploatacji i konserwacji może być

zminimalizowany i statystycznie nieistotny. Fakt ten w połączeniu z informacjami o przeglądach instalacji centralnego ogrzewania, uzyskanymi podczas wizji lokalnych, świadczy o braku poważniejszych zaniedbań w zakresie obsługi i konserwacji tych instalacji w badanych budynkach. Uwzględniając natomiast trwałość instalacji centralnego ogrzewania szacowaną na 20÷40 lat, kwalifikowałyby się one do wymiany w około 60% rozpatrywanych budynków. Połączenie wymiany kotła z modernizacją instalacji pozwoliłoby zaoszczędzić 10÷25% ciepła, a poniesione nakłady zwróciłyby się w czasie 2÷3 lat.

Analiza wartości wskaźników cieplno-energetycznych w połączeniu z wcześniej rozważanymi zagadnieniami sugeruje istnienie pewnego pośredniego wpływu rodzaju źródła ciepła zasilającego budynek na sezonowe zużycie ciepła do ogrzewania. Byłoby to związane z wykorzystywaniem przez obsługę możliwości ingerencji w proces wytwarzania ciepła w kotłowniach własnych, a tym samym w wartość zużycia ciepła do ogrzewania budynków. Ingerencja taka w budynkach ogrzewanych przez Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej jest oczywiście niemożliwa. W tym przypadku możliwości takie istnieją tylko przy rozdziale dostarczonego do budynku ciepła. Problem ten jest związany z istnieniem i funkcjonowaniem urządzeń ręcznej lub automatycznej regulacji temperatury, w zależności od warunków pogodowych i pory doby. Niestety, w większości budynków brak jest termostatów grzejnikowych.

Niezadawalające wyposażenie systemów ogrzewania w automatykę termoregulacyjną pogodową i czasową oraz prawdopodobne błędy eksploatacyjne uniemożliwiają m.in. korzystanie z okresowego obniżania temperatury w ogrzewanych budynkach. Modernizacja systemu ogrzewania, zwiększająca automatyzację regulacji, wytwarzania i rozdziału ciepła, mogłaby przynieść oszczędności ciepła rzędu 25%, przy czasie zwrotu nakładów SPBT 2÷3 lat. Zastosowanie zaworów termostatycznych oraz automatyki pogodowej zwiększa sprawność procesu regulacji z 70% w przypadku braku takich urządzeń do 93% w przypadku ich zainstalowania w systemie centralnego ogrzewania.

Przy okazji omawianych zagadnień warto podkreślić wagę, jaką ma dla racjonalizacji gospodarki ciepłem opomiarowanie jego zużycia do ogrzewania budynków w przypadku obiektów zasilanych przez Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej i nowoczesne węzły cieplne, w których ciepło to jest rozdzielane. Niestety, jeśli chodzi o ich poziom techniczny, to opisany stan jest w większości przypadków zły. Dlatego też nie wykazano oszczędności w przypadku systemów zdalaczynnych. Wskazuje to na pokaźne możliwości poprawy tej sytuacji przy efektach energetycznych rzędu 10÷15%. Natomiast stworzenie odbiorcom możliwości opomiarowania i regulacji zużycia ciepła, dzięki licznikom i zaworom termostatycznym, może przynieść dodatkowe oszczędności ciepła od 5÷25% przy okresie zwrotu nakładów SPBT do 2 lat.

Na zakończenie trzeba podkreślić, aby każda inwestycja zaliczana do termomodernizacji uwzględniała efekty energetyczne i ekonomiczne otrzymane w wyniku jej przeprowadzenia. Należy przy tym pamiętać o wzajemnej zależności występującej pomiędzy różnymi elementami budynku rozpatrywanego jako budowlano-

-instalacyjna całość oraz związanej z tym postulatem kompleksowości prac termomodernizacyjnych.

LITERATURA

- [1] Wolski L., Kamiński A., Efektywność energetyczna - dążenie do zmniejszenia zużycia energii, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2009, 6, 15-19.
- [2] Ferdyn-Grygierek J., Efektywność energetyczna ogrzewania i wentylacji modernizowanych budynków szkół, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2005, 10, 28-31.
- [3] Pieńkowski C.A., Modernizacja węzłów cieplnych, jako element kompleksowej termomodernizacji budynków, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2006, 12, 21-22.
- [4] Hopkowicz M., Analiza zmienności zapotrzebowania na moc cieplną budynków przyłączonych do miejskiego systemu ciepłowniczego, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2007, 11, 31-33.
- [5] Corgnati S.P., Corrado V., Filippi M., A method for heating consumption assessment in existing buildings: A field survey concerning 120 Italian schools, Energy and Buildings 2008, 40, 801-809.
- [6] Lis P., Wybrane aspekty monitorowania zużycia ciepła w budynkach edukacyjnych, Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce 2007, 2, 195-200.
- [7] Lis P., Skorygowane wskaźniki energetyczne w graficznej analizie zużycia ciepła do ogrzewania budynków edukacyjnych, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2006, 3, 14-17.
- [8] Perez-Lombard L., Ortiz J., Pout Ch., A review on buildings energy consumption information, Energy and Buildings 2008, 40, 394-398.

CENTRAL HEATING SYSTEM AND HIS INFLUENCE ON HEAT CONSUMPTION FOR HEATING

This paper describes central heating systems in the studied educational buildings. The analysis considers a few basic features of a heating system. They include: the type of power source, exploitation and equipment of central heating system and characteristics of the heat source.

Keywords: central heating systems, educational buildings