

Marian NANTKA

ZAPOTRZEBOWANIE CIEPŁA W BUDYNKACH MIESZKALNYCH I MOŻLIWOŚCI JEGO ZMNIEJSZENIA

Streszczenie. Stworzenie odpowiednich warunków do bardziej racjonalnego zużycia energii w obiektach jest pierwszorzędną potrzebą społeczną i gospodarczą. Opracowanie niniejsze jest poświęcone określeniu tych warunków i ustaleniu możliwości ograniczenia zapotrzebowania ciepła w aktualnie realizowanych budynkach jednorodzinnych i wielorodzinnych. Analizy przeprowadzono uwzględniając wymagania i stan obecny w zakresie izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych oraz skuteczności działania systemów wentylacji stosowanych i mogących znaleźć zastosowanie w omawianych budynkach.

1. Wprowadzenie

Zgodnie z przewidywaniami planów gospodarczych w najbliższym dziesięcioleciu ma być oddanych do eksploatacji 3-4 mln nowych mieszkań. Oznacza to wzrost ich liczby z 10 mln w 1980 r. do 13-14 mln w roku 1990 [1] [2]. Z tej ilości mieszkań około 70% ma być realizowanych za pomocą przemysłowych technik produkcyjnych, których udział przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Udział różnych technik realizacji obiektów w budownictwie mieszkaniowym

| Technika realizacji | Udział poszczególnych technik w latach (%) | | |
|---------------------|--|-------|-------|
| | 1981 | 1985 | 1990 |
| Wielkoblokowa | 9.8 | 2.0 | 0.0 |
| Wielkopłytowe | 79.4 | 69.7 | 33.5 |
| Technologia IS | 7.0 | 20.0 | 50.0 |
| Monolit | 1.7 | 6.6 | 15.0 |
| Pozostałe | 2.1 | 1.7 | 1.5 |
| | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

Pozostałość (30 %) stanowią budynki jednorodzinne. Ilustracją rzeczowych zadań przemysłu budowlanego są dane zamieszczone w tabeli 2, obejmujące orientacyjny szacunek na lata 1986-1990. Tak duży przyrost kubatury mieszkań wymaga zwiększenia ilości paliwa przeznaczanego do ich ogrzania, które obecnie sięga 30-40 mln t.p.u. Szacunek zasobów tradycyjnie stosowanego paliwa i intensywności jego wydobycia przy konieczności utrzymania produkcji przemysłowej wskazuje, że gospodarka krajowa może nie podołać tym wymaganiom. Jednocześnie wykorzystanie niekonwencjonalnych źródeł energii, zasawowane już za granicą, nie jest uzasadnione ekonomicznie przede wszystkim ze względu na obecną relację kosztów paliwa i cen energii oraz na trudności technologiczne. Zmniejszenie zużycia energii w budownictwie mieszkaniowym można więc oczekiwać tylko w wyniku uruchomienia szerokich programów oszczędnościowych i stworzenia realnych warunków ich realizacji. W przypadku omawianych obiektów programy takie muszą uwzględnić czynnik nadrzędny, jakim jest stworzenie w mieszkaniach odpowiedniego mikroklimatu, właściwego dla zachowania równowagi cieplnej organizmu ludzkiego.

Tabela 2

Zadania rzeczowe przemysłu budowlanego na lata 1981-1990

| Lata | Perspektywy odnośnie do rozwoju budownictwa | | | |
|---------|---|--|----------------------|--|
| | wielorodzinnego | | w całości | |
| | w tysiącach mieszkań | w tysiącach m ² powierzchni użytkowej | w tysiącach mieszkań | w tysiącach m ² powierzchni użytkowej |
| 1981-85 | 1 270 | 67 200 | 1 700 | 109 700 |
| 1986-90 | 1 500 | 97 000 | 2 090 | 147 800 |
| 1990 | 315 | 18 900 | 445 | 33 600 |

Uwagi:

Prognozę opracowano przyjmując średnią powierzchnię mieszkania kategorii M-4.

2. Wymaganie i stan obecny w zakresie ochrony cieplnej budynków

Zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie mieszkań jest ustalane jako suma strat ciepła związanego z jego przenikaniem przez przegrody budowlane oraz ciepła koniecznego do podgrzania powietrza świeżego infiltrującego z zewnątrz przez szczeliny w oknach. W ten sposób potrzeby cieplne budynków są funkcją izolacyjności cieplnej przegród oraz skuteczności funkcjonowania wentylacji.

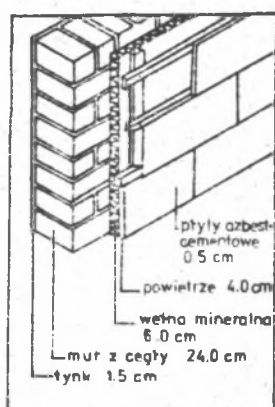
2.1. Izolacyjność cieplna obiektów

Dotychczasowy sposób projektowania przegród pod względem termicznym opiera się przede wszystkim na warunku uchronienia ich powierzchni przed kondensacją pary wodnej. Efektem tego są maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła przez dopuszczone do stosowania przegrody zewnętrzne sięgające $1 - 1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Są one większe o około 50 % od wartości zalecanych w innych krajach [3], [4], [5], [6]. Zagadnienia te dyskutowane są w Polsce od wielu lat, a poszczególni autorzy podkreślają dużą liberalność bloku norm i postanowień regulujących problem izolacyjności cieplnej obiektów. Ogólnie uważa się, że jest ona uzależniona również od szeregu czynników konstrukcyjnych, architektonicznych i użytkowych, takich jak:

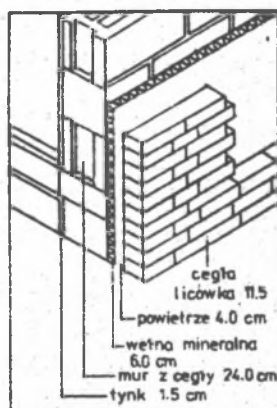
- własności izolacyjne przegród zewnętrznych,
- stopień przeszklenia budynków,
- wysokość, kształty i rzut poziomy obiektów.

Nieliczne próby optymalizowania zakresu zmian ww. czynników umożliwiają szacunkową ocenę ich korzystnych wartości. Wartości współczynników przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne dopuszczone do stosowania w budownictwie mieszkaniowym nie powinny przekraczać $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Niektóre z konstrukcji takich przegród przedstawiono na rys. 1 przy wykorzystaniu materiałów tradycyjnych (zalecanych dla obiektów jednorodzinnych) i nowoczesnych rozwiązań stosowanych w budownictwie przemysłowym. Na uwagę zasługuje ściana zewnętrzna produkowana przez jugosłowiańską firmę TIM Laško oraz sposób montażu w niej izolacji termicznej. Zostaje ona nakładana (wraz z warstwami fakturowymi) po ukończeniu montażu zewnętrznego obrysu konstrukcji obiektów [7]. Zapobiega to odpadaniu warstw zewnętrznych i izolacji z płyt w trakcie ich montażu oraz umożliwia pożądane uszczelnienie zewnętrznej powłoki obiektów [8].

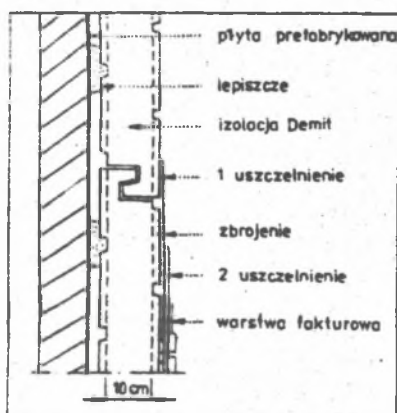
Mała izolacyjność termiczna powierzchni oszklonych, wynosząca średnio $2,8 - 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, powoduje, że udział strat ciepła przez okna w całkowitej ilości ciepła potrzebnego do ogrzania budynku sięga 35 % - 70 % w zależności od ich typu i wymiarów. Mimo, że znane są w kraju zestawy hermetyczne okienne charakteryzujące się współczynnikami przenikania ciepła wahającymi się w granicach $1,5 - 2 \text{ W/m}^2\text{K}$, panuje powszechne przekonanie, że najbliższa przyszłość nie przyniesie istotnej poprawy w tym zakresie w skali całości budownictwa [3], [9]. Jednocześnie, jak wskazują niektóre opracowania, o ekonomii ogrzewania można będzie mówić wtedy, gdy izolacyjność termiczna okien nie będzie przekraczała wartości $k = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ [10], [11]. Istnieją jednak mimo to pewne możliwości zmniejszenia strat ciepła przez okna. Analizy przeprowadzone w tym zakresie wskazują, że zmniejszenie to może sięgać od 12 % (dla obiektów wysokich) do 35 % (w budownictwie jednorodzinym) w zależności od stopnia przeszklenia powierzchni zewnętrznych ścian budynków. Ogólnie uważa się, że w obiektach jednorodzinnych przeszklenie ścian zewnętrznych nie powinno przekraczać 16 %, a w wielorodzinnych - 20 % [12], [13].



$$k = 0.48 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$k = 0.42 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$k \leq 0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$$

rys. 1. Konstrukcje pionowych ścian zewnętrznych gwarantujące zwiększoną izolacyjność cieplną budynków mieszkalnych

Problem udziału powierzchni oszklonych w całkowitej powierzchni ścian zewnętrznych związany jest bezpośrednio z wysokością, kształtem i wymiarami budynków. Najkorzystniejszy jest pod tym względem obiekt o kształcie prostopadłościanu lub sześciścianu o wysokości nie mniejszej niż 4 kondygnacje. Szczególnie dużymi stratami ciepła charakteryzują się budynki typu punktowców o rozwiniętych powierzchniach zewnętrznych [2], [14].

Izolacyjność termiczną budynku przyjęło się charakteryzować wartością średniego współczynnika przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne obliczanego z zależności:

$$\bar{k} = \frac{k_B A_B + k_O A_O + k_P A_P + k_T A_T}{A_B + A_O + A_P + A_T} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (1)$$

w której:

- A_B, A_O, A_P, A_T - powierzchnie poszczególnych przegród zewnętrznych; odpowiednio - ścian pełnych, pionowych (A_B), powierzchni oszklonych (A_O), stropów nad piwnicami (A_P) i najwyższą kondygnacją (A_T), m^2 ,
 k_B, k_O, k_P, k_T - współczynniki przenikania ciepła dla poszczególnych typów przegród zewnętrznych, $\text{W/m}^2\text{K}$.

Ogólnie uważa się, że średnia ważona wartość współczynnika k nie powinna przekraczać $1,97 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2.2. Wentylacja i infiltracja powietrza w budynkach

Zadaniem stawianym przed systemem wentylacji w obiektach mieszkalnych jest usuwanie zanieczyszczonego powietrza z pomieszczeń kuchni, łazienki i WC oraz doprowadzenie równoważnej ilości powietrza świeżego przez nieszczelności w oknach. Wymagania ilościowe w tym zakresie stawiane przez obowiązujące w kraju normy są jednak nadal dyskusyjne. Z jednej strony uważa się, że średnia krotność wymian powietrza (ustalana jako stosunek całkowitej ilości powietrza świeżego do kubatury obiektu) powinna wynosić $n = 1 \text{ h}^{-1}$. Jednocześnie zaleca się, aby powietrze wywiewane z mieszkań w ilościach $120 - 150 \text{ m}^3/\text{h}$ (w zależności od standardu i kubatury) było zastąpione tą samą ilością powietrza świeżego. Oznacza to, że dla mieszkań kategorii od M-2 do M-6 częstotliwość wymiany powietrza powinna się zmniejszyć w granicach $n = 0,8 - 1,5 \text{ h}^{-1}$. Nie jest jednak tajemnicą, że zarówno jedno, jak i drugie wymaganie ma charakter teoretyczny, ponieważ wymiana powietrza w budynku mieszkalnym jest wypadkową oddziaływania szeregu czynników, takich jak:

- klimatu zewnętrznego, którego wpływ decyduje o rozkładach ciśnień na zewnętrznych przegrodach (wypór termiczny, napór wiatru),

- konstrukcji i typu budynku, a w tym ilości i szczelności zewnętrznych i wewnętrznych przegród stanowiących zapory w przepływach powietrza,
- sposobu eksploatacji przestrzeni wewnętrznych,
- rodzaju zastosowanego systemu wentylacyjnego.

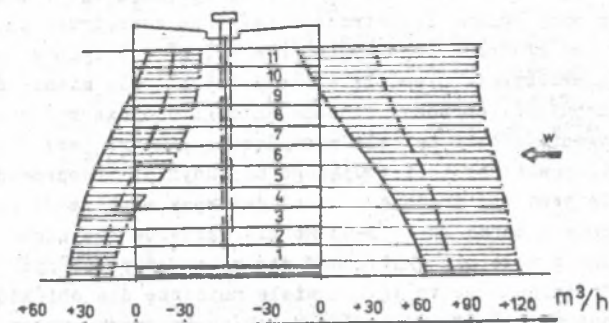
Szczegółowe dane co do wpływu zmian ww. czynników były już publikowane w literaturze technicznej [2], [8], [15], [16], [17], [18], [19]. Wynika z nich, że decydujący wpływ na poprawność procesów wymiany powietrza ma rodzaj systemu wentylacji i przenikalność powietrzna przegród zewnętrznych. Szczególnie trudnym zadaniem jest wybór systemu wentylacyjnego, którego kryteria sprowadzają się w kraju jedynie do wysokości obiektu. Mimo że wypracowano już w Polsce ogólne zasady bilansowania powietrznego budynków, do dnia dzisiejszego panuje niczym nie uzasadnione przekonanie, że wystarczająco skuteczna jest wywiewna wentylacja grawitacyjna. Tymczasem na nies efektywność jej stosowania jednoznacznie wskazują analizy poprawności technicznych podstaw jej projektowania, jak i badania przeprowadzone w obiektach istniejących [2], [8], [15]. W przypadku mieszkań użytkowanych kilkakrotnie wymiana powietrza może sięgać do ponad 30 h^{-1} ; średnio przy zamkniętych oknach i drzwiach w mieszkaniach zmienia się one w granicach od $0,2 \text{ h}^{-1}$ do 5 h^{-1} . Tak duża rozpiętość jej wartości (patrz tabela 3) jest wynikiem z nasilenia się niekontrolowanej infiltracji powietrza przez nieszczelności w oknach. Te niekorzystne zjawiska ulegają redukcji w przypadku stosowania wywiewnej wentylacji mechanicznej. Uzyskuje się to dzięki zwiększeniu jej mocy, a w efekcie - kształtowania się na ścianach zewnętrznych dużych różnic ciśnień eliminujących wpływ zmiennych temperatur zewnętrznych oraz kierunków i prędkości wiatru.

Tabela 3

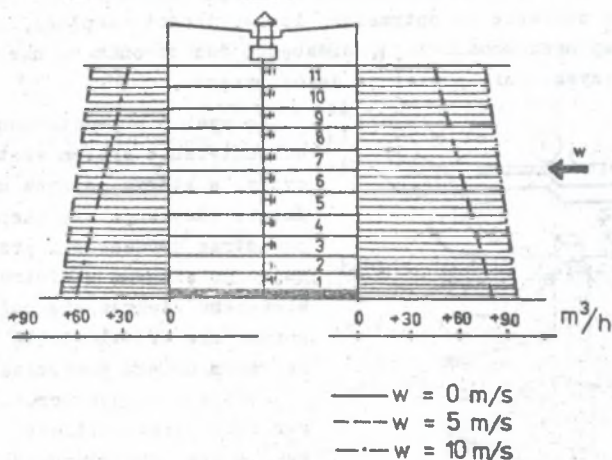
Średnie krotności wymian powietrza w eksploatowanych mieszkaniach

| Wyszczególnienie | Średnia krotność wymian powietrza $n \text{ [h}^{-1}\text{]}$ |
|---|---|
| Mieszkanie z zamkniętymi oknami i drzwiami (szczelne okna) | 0 - 0,5 |
| Mieszkanie z zamkniętymi oknami i drzwiami (nieszczelne okno) | 0,2 - 5 |
| Mieszkanie z zamkniętymi drzwiami i uchylonymi oknami | 0,8 - 10 |
| Mieszkanie z zamkniętymi drzwiami i całkowicie otwartymi oknami | 5 - 15 |
| Mieszkanie przewietrzane przez otwarcie okien i drzwi | 30 |

Wentylacja grawitacyjna



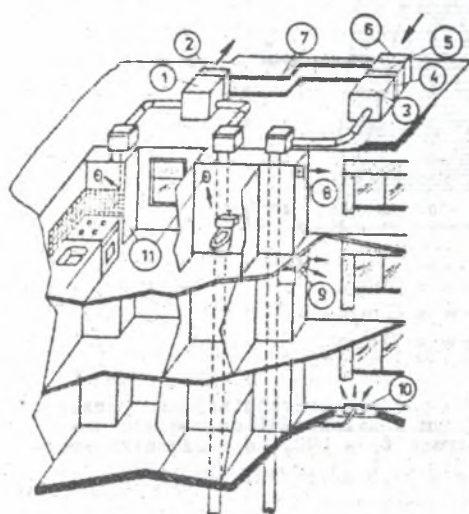
Wywiewna wentylacja mechaniczna



Rys. 2. Wpływ wiatru na zmiany w ilościach powietrza przenikającego przez okna w 11-kondygnacyjnym budynku mieszkalnym w zależności od rodzaju zastosowanej wentylacji. Temperatura zewnętrzna $t_z = 0^\circ\text{C}$, współczynniki przenikania powietrza przez okna $a = 11,5 \text{ m}^3/\text{ms}/\text{Pa}^{1/n}$

Ilustrację tego zagadnienia przedstawiono schematycznie na rys. 2 na przykładzie budynku 11-kondygnacyjnego, wolno stojącego, przy założeniu idealnej szczelności drzwi wejściowych do mieszkań i optymalnej szczelności okien określonej wartością współczynnika przenikania powietrza $a = 10 \text{ m}^3/\text{hm} / \text{Pa}^{0,67} / 2,5 \text{ m}^3/\text{hm} / \text{KG}/\text{m}^2/0,67/$ [13] [15] [17] [19] [20]. W przypadku zainstalowania systemu grawitacyjnego wymiana powietrza różnicuje się w zależności od położenia mieszkań wzdłuż wysokości budynku i w sto-

sunku do kierunku działania wiatru. Natomiast dla obiektu z wywiewną wentylacją mechaniczną nawet przy prędkości wiatru sięgającej 10 m/s do mieszkań położonych przy ścianie zewnętrznej powietrze zewnętrzne dopływa w ilości określającej krotność jego wymian $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$. W tych samych warunkach krotność ta przekracza niewiele wartość $1,5 \text{ h}^{-1}$ dla mieszkań zlokalizowanych od strony wewnętrznej. Podobne wnioski dotyczą zróżnicowania zmian zapotrzebowania ciepła na cele wentylacyjne, które jest funkcją temperatury i ilości powietrza infiltrującego do budynku. Przeprowadzone analizy wykazały, że jest ono średnio o ponad dwa razy większe od wartości obliczonych zgodnie z normą PN-74/B-03406 dla parterów budynków z wentylacją grawitacyjną i może nie występować dla mieszkań położonych w ich górnej części. Zróżnicowanie to jest o wiele mniejsze dla obiektów z systemami mechanicznymi i zmienia się podobnie jak krotność wymian powietrza. Największe możliwości zarówno w zakresie kontroli i wymiany powietrza, jak i limitowania zużycia ciepła stwarzają mechaniczne systemy wentylacji nawiewno-wywiewnej, w których powietrze świeże doprowadzone jest kanałami nawiewnymi do poszczególnych pomieszczeń. Posiadają one oddatkowe zalety, takie jak możliwość zapewnienia optymalnej izolacyjności cieplnej, powietrznej i akustycznej oraz umożliwiając, niezbędne już obecnie na niektórych terenach w kraju, oczyszczanie powietrza zewnętrznego.



- 1 - wentylator wywiewny
- 3 - wentylator nawiewny
- 7 - woda z glikolem
- 8 - nawiew z podgrzaniem

- 2 - rekuperator
- 4 - nagrzewnica
- 5 - rekuperator
- 6 - filtr
- 9 - zawór nawiewny
- 10 - nawiew podłogowy
- 11 - zawory wywiewne

Na rys. 3 przedstawiono schematycznie system wentylacyjny, w którym poprzez urządzenie odzyskuje się ciepło z powietrza usuwanego i przekazując go zimnemu powietrzu nawiewanemu stwarza się możliwość zachowania części ciepła w wewnętrznym obiegu powietrza [21].

Jednym z często poruszanych zagadnień jest możliwość zmniejszenia tzw. wentylacyjnych strat ciepła poprzez ograniczenie wartości częstotliwości wymiany powietrza [2], [13], [22]. Ograniczenie to nie może być jednak zbyt duże ze względu na konieczność dostarczenia do pomieszczeń powietrza świeżego, odpowiadającego minimalnym wymaganiom organizmu ludzkiego. Przyjmując ilość tego powietrza równą $30 \text{ m}^3/\text{h}$ w odniesieniu do pojedynczej osoby oraz

Rys. 3. Mechaniczna wentylacja nawiewno-wywiewna mieszkań (MWN - WM) z możliwością odzysku ciepła

powierzchnię mieszkań o wysokości 2,5 m przypadającą na nią w granicach 20 - 25 m², absolutnie minimalna krotność wymiany powietrza powinna wynosić 0,5 - 0,6 h⁻¹. System wentylacji powinien jednak mieć możliwość zmiany tej krotności szczególnie w pomieszczeniach, których okresowe użytkowanie powoduje powstawanie zanieczyszczeń cieplnych, wilgotnościowych i zapachowych. Konieczność niedopuszczenia do ich swobodnej cyrkulacji w obrębie mieszkań oznacza zwiększenie krotności wymiany powietrza w tych pomieszczeniach średnio w granicach 5 - 10 h⁻¹.

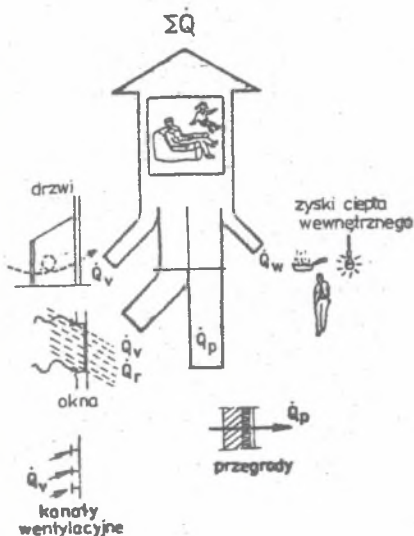
3. Bilan ciepły budynków

Podstawą do ustalania potrzeb cieplnych budynków może być zależność (rys. 4):

$$\dot{Q} = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v - (\dot{Q}_w + \dot{Q}_r) \quad [KW] \quad (4)$$

gdzie:

- \dot{Q}_p - straty ciepła związane z jego przenikaniem przez powłokę zewnętrzną obiektu, kW,
- \dot{Q}_v - zapotrzebowanie ciepła na cel wentylacyjny, kW,
- \dot{Q}_w - zyski ciepła wewnętrznego, kW,
- \dot{Q}_r - zyski ciepła wynikające z wpływu promieniowania słonecznego, kW.



Bilans termiczny mieszkań:

$$\Sigma \dot{Q} = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v + \dot{Q}_r + \dot{Q}_w$$

\dot{Q}_p - wymiana ciepła na drodze przenikania przez przegrody budowlane (zewnętrzne).

\dot{Q}_v - zapotrzebowanie ciepła na cele wentylacyjne (infiltracja).

\dot{Q}_r - zyski ciepła od promieniowania słonecznego.

\dot{Q}_w - zyski ciepła wewnętrznego (ludzie, oświetlenie i.t.p.).

Rys. 4. Bilans termiczny mieszkań i budynków

Przy założeniu znajomości zakresu zmian obu metod zyskiwania ciepła przez budynek, zależność (2) umożliwi również ocenę stopnia zmniejszenia zasadniczych potrzeb ciepłych.

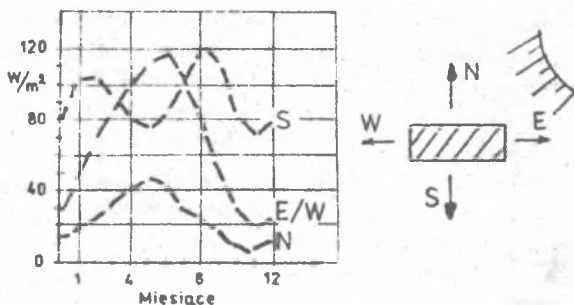
3.1. Z y s k i c i e p ł a

Źródłami ciepła wewnętrznego są gazowe i elektryczne urządzenia wyposażenie mieszkań, ludzie, oświetlenie itp. Dokładne ich ustalenie jest możliwe jedynie poprzez przeprowadzenie badań ankietowych w zakresie nawyków i przyzwyczajzeń ludzi użytkujących mieszkania. Okresowość ich występowania uniemożliwia jednak jednoznaczne określenie wartości tych zysków. Dla jednorodzinny budynek (4 - 8 użytkowników) wynosić one mogą w zależności od aktywności ludzi 0,7 - 1,5 kW. Przy większej ilości osób zamieszkujących budynek wielorodzinny sięgają nawet 6 kW [22], [23], [24]. Problem ten uwzględnia w sposób przybliżony norma PN-74/B-03406, zalecając zmniejszenie zapotrzebowania na cele wentylacyjne o 40 % niezależnie od typu budynku.

Zyski ciepła od promieniowania słonecznego zależą m.in. od szerokości geograficznej, na jakiej położony jest obiekt, jego orientacji i kształtu, pory dnia, okresu klimatycznego itp. Konieczne jest zatem zebranie danych dotyczących intensywności promieniowania słonecznego obejmujących całoroczny okres zmian klimatycznych. Przykładowe dane w tym zakresie przedstawiono na rys. 5 [25]. Nawet w okresie zimowym intensywność promieniowania słonecznego (przy pogodzie bezchmurnej) może sięgać 80 W/m² ściany zorientowanej na południe.

Zyski z tego tytułu ocenić można za pomocą równania:

$$\dot{Q}_T = A J (f_t + w_s) \quad [\text{kW}] \quad (3)$$



Rys. 5. Zmiany w intensywności promieniowania słonecznego w zależności od orientacji przegród zewnętrznych budynku mieszkalnego

w którym:

- J - intensywność promieniowania słonecznego obliczana przy założeniu prostokątnego oddziaływania słońca na ścianę o powierzchni A, W/m^2 ,
- ft - procent energii słonecznej przekazywanej przez powierzchnie oszkłone, %,
- ws - jw., lecz przez pełne przegrody zewnętrzne (pionowe), %,
- f - przeszklenie zewnętrznych przegród w budynku, %,
- w - procentowy udział pionowych ścian zewnętrznych (bez okien) w całkowitej powłoce zewnętrznej budynku, %.

Można założyć, że z całkowitej energii słonecznej 17 % - 18 % jest rozpraszane w atmosferze. Pozostałość jest w 80 % (t) przekazywana przez okna, zaś w około 2 - 3 % (s) akumulowana w pionowych przegrodach zewnętrznych [22] [23]. Szacunkowe obliczenia wykonane za pomocą zależności (3) wskazują, że zyski te mogą wahać się w granicach 2 - 20 kW w zależności od stopnia przeszklenia ścian zewnętrznych i wymiarów budynków mieszkalnych.

3.2. S t r a t y c i e p ł a w m i e s z k a n i a c h

Są one podstawą do określenia zapotrzebowania ciepła na ogrzanie budynków, a więc doboru grzejników i wymiarowania instalacji grzewczej.

Straty ciepła na skutek przepływu strumieni ciepła przez przegrody zewnętrzne określa wzór:

$$\dot{Q}_p = \bar{k} A (t_w - t_z) \text{ [kW]} \quad (4)$$

gdzie:

- \bar{k} - średni współczynnik przenikania ciepła obliczany w zależności (1), W/m^2K ,
- A - suma poszczególnych przegród zewnętrznych (ścian pionowych, okien i obu stropów nad piwnicą i ostatnim piętrem), m^2 ,
- $t_w - t_z$ - różnica temperatur powietrza zewnętrznego i wewnętrznego, K.

Wentylacyjne straty ciepła można oszacować z zależności:

$$\dot{Q}_v = n V \rho c (t_w - t_z) \text{ [kW]} \quad (5)$$

w której:

- n - krotność wymiany powietrza w budynku, h^{-1} ,
- V - kubatura budynku, m^3 ,
- c - pojemność cieplna powietrza infiltrującego do budynku, J/Km^3 .

Konstrukcję i wymiary budynku może scharakteryzować pod względem cieplnym stosunek powierzchni przegród zewnętrznych (A) do kubatury obiektu (V):

$$D = \frac{A}{V} \left[\text{m}^{-1} \right] \quad (6)$$

Uwzględniając zależności (4), (5) i (6), bilans termiczny budynków mieszkalnych przyjmuje postać:

$$\dot{Q} = (\bar{K} + n \frac{\rho c}{\rho c}) A (t_w - t_z) - (\dot{Q}_w + \dot{Q}_z) \text{ [kW]} \quad (7)$$

Zależność ta łączy podstawowe elementy określające potrzeby cieplne budynków počawszy od ich konstrukcji i wymiarów poprzez eksploatację i rodzaj urządzeń wyposażenia wewnętrznego a skończywszy na klimacie zewnętrznym.

4. Potrzeby cieplne obiektów

Zużycie ciepła analizowano w typoszeregu jedno- i wielorodzinnych budynków mieszkalnych o najczęściej występujących w kraju konstrukcjach. W tabelach 4, 5 i 6 zestawiono dane charakterystyczne dla tych obiektów uwzględniane w obliczeniach, przy czym realizowano je za pomocą maszyny cyfrowej [23] [24]. Określono każdorazowo w całkowitym ich bilansie termicznym udział strat ciepła związanych z jego przenikaniem przez przegrody zewnętrzne i działaniem wentylacji.

Przykładowy wynik obliczeń przedstawiono w tabeli 7 porównując uzyskane dane dla budynków jednorodzinnych i 16- kondygnacyjnego. Założono różnicę temperatur powietrza wewnętrznego i zewnętrznego równą 10 K oraz jednokrotną wymianę powietrza i ekstremalne wartości średnich współczynników przenikania ciepła \bar{K} . Jeżeli przyjąć jako 100 % potrzeby cieplne budynków dla stanu obecnego wg wymagań normatywnych w zakresie izolacyjności cieplnej, to jej zwiększenie spowoduje około 20 - 30 % zmniejszenie zużycia energii, przy czym obiekty jednorodzinne mają większe możliwości w tym zakresie. Dane te przedstawiono schematycznie na rys. 6. Wynika z nich ponadto, że zyski ciepła wewnętrznego sięgają średni 15 - 25 % całkowitego jego zapotrzebowania w zależności od izolacyjności cieplnej budynku. Zyski ciepła z tytułu nasłonecznienia są mocno zależne od wymiarów i kształtu budynku.

Udział wentylacyjnych strat ciepła sięga od 25 % do ponad 40 % w całkowitych potrzebach cieplnych i mocno się zmienia w zależności od typu obiektu, od jego izolacyjności cieplnej. W przypadku jej zwiększenia wynosi on ponad 60 % dla budynku 16- kondygnacyjnego. Ogólnie stwierdzić można, że w miarę wzrostu powierzchni przegród zewnętrznych budynków (zmniejszanie się współczynnika D) rosnąć będą również wentylacyjne straty ciepła.

Tabela 4

Dane charakterystyczne dla obiektów przyjętych do analizy porównawczej

| Wyszczególnienie | Typ budynku | | | | |
|---|---------------|---------------|-----------|------------|------------|
| | Jednorodzinny | Wielorodzinne | | | |
| | | 4 kondyg. | 8 kondyg. | 11 kondyg. | 16 kondyg. |
| Całkowita powierzchnia przegórd zewnętrznych A (m^2) | 536 | 1572 | 2497 | 3191 | 4348 |
| Kubatura budynków V (m^3) | 840 | 3849 | 7697 | 10583 | 15394 |
| Stosunek konstrukcyjny D (m^{-1}) | 0,64 | 0,41 | 0,32 | 0,30 | 0,28 |
| Powierzchnie ścian zewnętrznych pełnych A_E (m^2) | 301 | 768 | 1535 | 2111 | 3070 |
| Powierzchnie przegórd zewnętrznych poziomych $A_p = A_T$ (m^2) | 100 | 323 | 323 | 323 | 323 |
| Suma powierzchni oszklonych A_o (m^2) | 35 | 158 | 315 | 434 | 631 |
| Przeszklenie pionowych ścian zewnętrznych A_o/A_E (%) | 11,5 | 20,6 | 20,5 | 20,5 | 20,6 |
| Przeszklenie całkowitej powierzchni zewnętrznej $f = A_o/A$ (%) | 6,5 | 10 | 12,6 | 13,6 | 14,5 |
| Udział pionowy ścian pełnych w całkowitej powierzchni zewnętrznej $w = A_E/A$ (%) | 56 | 49 | 62 | 66 | 71 |

Tabela 5

Zestawienie izolacyjności cieplnej analizowanych obiektów

| Rodzaj przegrody | Współczynnik przenikania ciepła K (W/m^2K) | | |
|--|---|---|---|
| | według zaleceń PN-74/B-03404 k max | przegrody pełne według normy PN-74/B-03404 okna według ekonomii | ustalone w oparciu o rachunek ekonomiczny |
| Ściany pionowe pełne k_s | 1,16 | 1,16 | 0,50 |
| Powierzchnie oszklone k_o | 3,14 | 2,00 | 2,00 |
| Ściany poziome pełne k_p, k_T | 0,81 | 0,81 | 0,50 |
| Typ budynku | Jednorodzinny 4 kondygnacyjny 8 " " 11 " " 16 " " | Jednorodzinny 4 kondygnacyjny 8 " " 11 " " 16 " " | Jednorodzinny 4 kondygnacyjny 8 " " 11 " " 16 " " |
| Średnie współczynniki $\bar{k}, W/m^2K$ | 1.22 1.29 1.36 1.40 1.42 | 1.16 1.19 1.23 1.24 1.28 | 0.67 0.73 0.77 0.78 0.80 |

Tabela 6

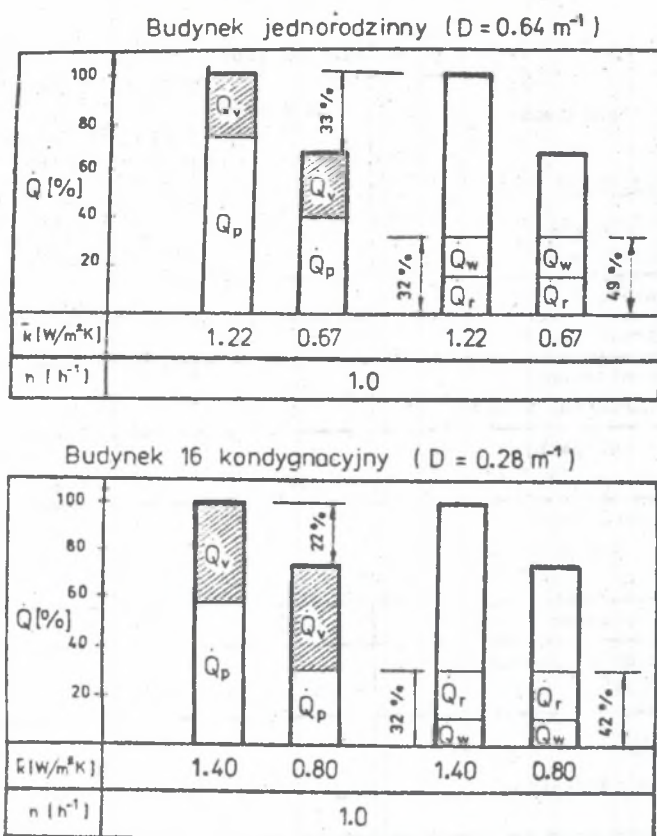
Przyjęty do analiz zakres krotności wymiany powietrza w budynkach

| Rodzaj wentylacji | Przyjęty zakres krotności wymian powietrza n (h^{-1}) |
|---------------------------------|---|
| Grawitacyjna (wywiewna) | 0,2 - 5 |
| Mechaniczna (wywiewna) | 0,7 - 1,5 |
| Mechaniczna (nawiewno-wywiewna) | 0,5 - 0,6 |

Tabela 7

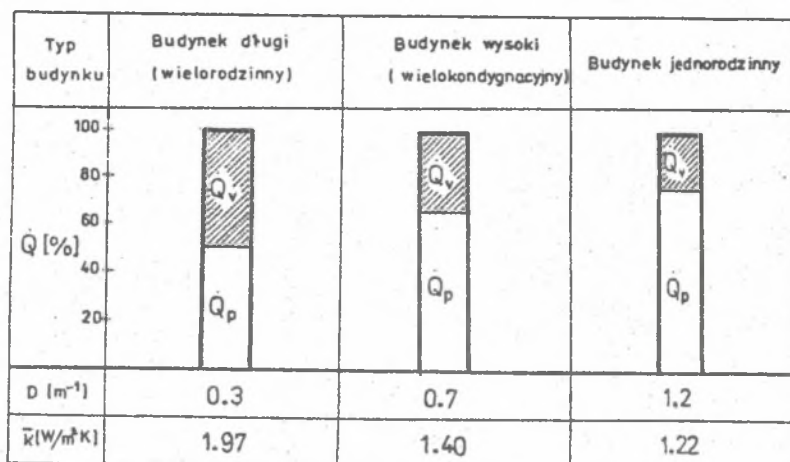
Przykładowe porównanie wyników analizy

| Wyszczególnienie | Budynek jednorodzinny | | Budynek 16- kondygnacyjny | |
|---|-----------------------|------|---------------------------|-------|
| | <u>Dane wyjściowe</u> | | | |
| Całkowita powierzchnia przegród zewnętrznych, A (m^2) | 536 | | 4348 | |
| Kubatura budynków, V (m^3) | 840 | | 15394 | |
| Stosunek konstrukcyjny, D (m^{-1}) | 0,64 | | 0,28 | |
| Przeszklenie powierzchni przegród zewnętrznych, f (%) | 6,5 | | 14,5 | |
| Udział powierzchni pełnych ścian pionowych, w (%) | 56 | | 70,6 | |
| Zyski ciepła przez powierzchnie oszklone od promieniowania słonecznego, t (%) | 80 | | 80 | |
| Jw. lecz przez pionowe przegrody | 2,5 | | 2,5 | |
| Średni współczynnik przenikania ciepła \bar{k} (W/m^2K) | 1,22 | 0,67 | 1,42 | 0,80 |
| <u>Założenia</u> | | | | |
| Krotność wymian powietrza n (h^{-1}) | 1,0 | | 1,0 | |
| Zyski ciepła od promieniowania słonecznego, AJ (kW) | 19,2 | | 156 | |
| Zyski ciepła wewnętrznego, \dot{Q}_w (kW) | 1,5 | | 11,0 | |
| Różnica temperatur, $\Delta t = t_w - t_z$ (K) | 10 | | 10 | |
| <u>Wyniki obliczeń</u> | | | | |
| Zyski ciepła od promieniowania słonecznego, Q_T (kW) | 1,32 | | 21,40 | |
| Wentylacyjne straty ciepła \dot{Q}_V (kW) | 2,35 | | 43,10 | |
| Straty ciepła przez przenikanie \dot{Q}_p (kW) | 6.54 | 3.59 | 61.74 | 34,78 |



Rys. 6. Porównanie potrzeb i zysków ciepła w jednorodznym i 16-kondygnacyjnym budynku mieszkalnym

Przedstawiono to na przykładzie badanych obiektów (rys. 7), przy czym ich izolacyjność cieplną stanowią przegrody o maksymalnych wartościach współczynników przenikania ciepła. W omawianych analizach zakładano jednokrotną wymianę powietrza, co jak stwierdzono w rozdziale 3- nie jest prawdziwe. W praktyce udział wentylacyjnych strat ciepła może być kilkukrotnie wyższy lub niższy w zależności od skuteczności zastosowanego systemu wentylacji. Zmiany tego udziału w zależności od izolacyjności cieplnej budynku i krotności wymian powietrza przedstawi rys. 8. Mogą się one wahać w granicach od 27 % (dla $n = 0,2 \text{ h}^{-1}$) do ponad 90 % (dla $n = 4,5 \text{ h}^{-1}$). Podobne wnioski można sformułować w odniesieniu do strat ciepła na drodze przenikania przez przegrody zewnętrzne nie spełniające wymagań co do nieprzekraczania maksymalnych wartości współczynnika przenikania ciepła.

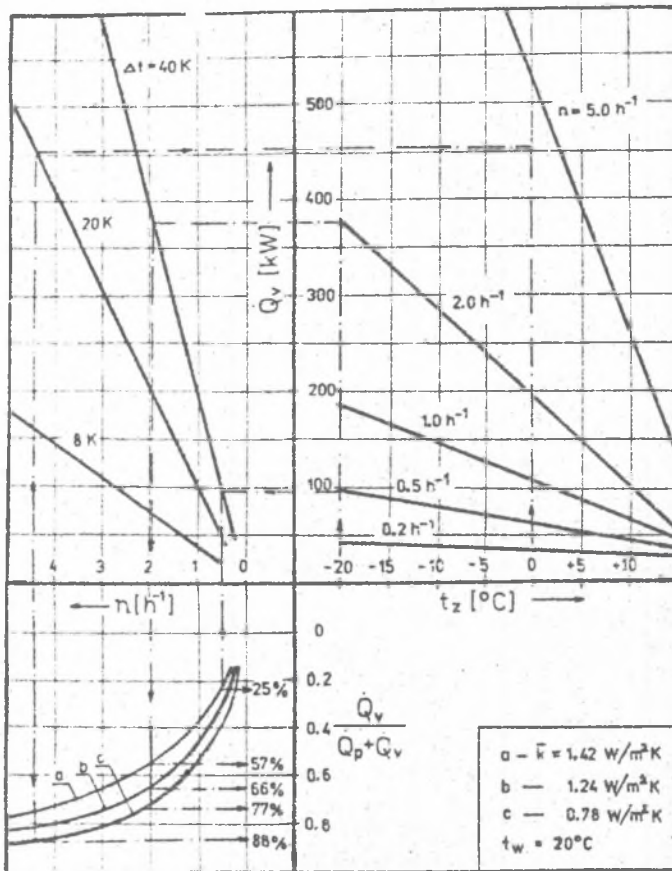


Rys. 7. Zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie budynków o izolacyjności zgodnej z wymaganiami (krotność wymiany powietrza $n = 1,0 \text{ h}^{-1}$)

Podkreślić należy, że zapotrzebowanie ciepła w budynkach mieszkalnych zależy także od rodzaju zabudowy terenu i otoczenia obiektów. Zależność taką przedstawiono na rys. 9 dla różnych typów zabudowy budynków jednorodzinnych o średniej izolacyjności przegród zewnętrznych równej $1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Najbardziej ekonomiczna pod względem zużycia ciepła jest zabudowa szeregową. Dotyczy to również obiektów wielorodzinnych realizowanych obecnie w kraju w postaci łącznych poprzez szczeliny dylatacyjne i niezależnych konstrukcyjnie segmentów. W tym układzie obiekty szczytowe charakteryzują się zwiększeniem potrzeb cieplnych w granicach 40 % - 60 % w stosunku do segmentów umieszczonych pośrodku całego ich kompleksu.

5. Możliwości ograniczenia potrzeb cieplnych budynków mieszkalnych

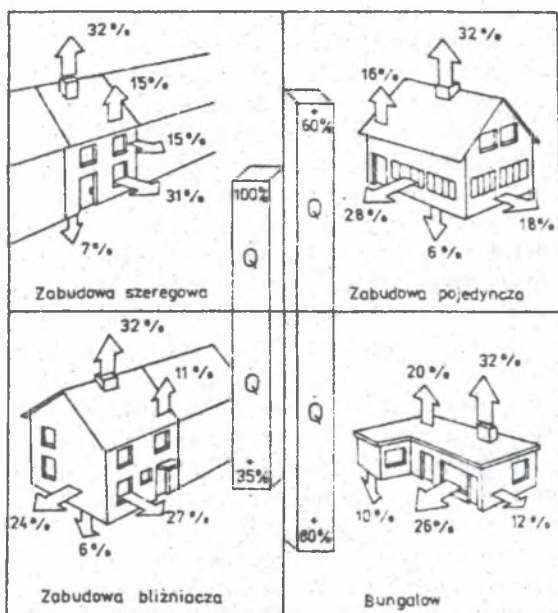
Potrzeby cieplne obiektów składają się z sumy zapotrzebowania ciepła na jego przenikanie przez przegrody zewnętrzne i na cele wentylacyjne, przy czym udział tych ostatnich stanowi od 30 % do 50 % całości. Zmniejszenie zużycia energii można się więc spodziewać przy zwiększeniu izolacyjności ścian zewnętrznych i ograniczeniu krotności wymian powietrza. Obie te drogi są ze sobą ściśle związane, co zaprezentowano na rys. 10. Przedstawione na nim krzywe określające udział wentylacyjnych strat ciepła w całkowitym jego zapotrzebowaniu dla dwóch obiektów przy zróżnicowanej izolacyjności i krotności wymian powietrza określają jednoznacznie charakter tej zależności. Zwiększanie izolacyjności cieplnej powoduje wzrost zapotrzebowania ciepła na cele wentylacyjne w stosunku tym większym, im wyższa jest krotność



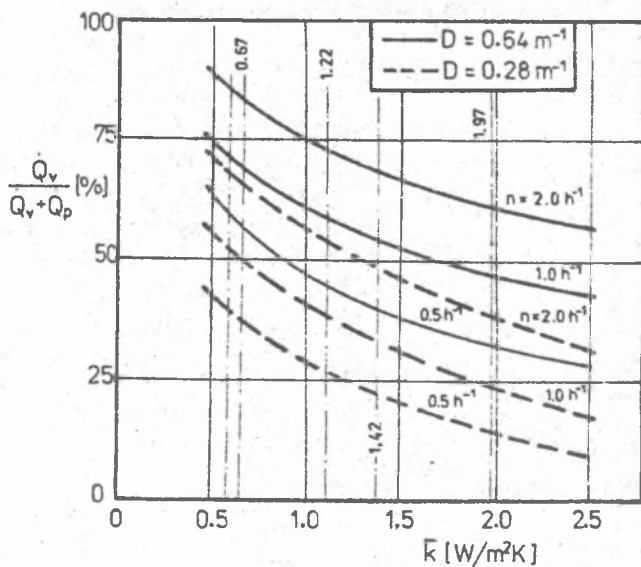
Rys. 8. Nomogram określający potrzeby ciepłe w 11-kondygnacyjnym budynku mieszkalnym w zależności od krotności wymian powietrza i izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych

wymian powietrza. Wynika stąd, że decydując się na realizację budownictwa mieszkaniowego o większej niż obecnie izolacyjności cieplnej nie można nie zwiększać wymagań co do szczelności przegród zewnętrznych na przepływy powietrza oraz skuteczności systemów wentylacyjnych.

Stosowanie w budownictwie przegród zewnętrznych o współczynnikach przenikania ciepła równych co najwyżej $0,5$ W/m²K nie może podlegać dyskusji. Zmniejszenie potrzeb ciepłych w tym zakresie, nawet przy założeniu stosowania takich jak obecnie okien, sięga w budownictwie jednorodzinny 5% - 6%, a w obiektach wielorodzinnych do 12 %.



Rys. 9 Porównanie zapotrzebowania ciepła na ogrzanie budynków jednorodzinnych w zależności od sposobu zabudowy terenu i otoczenia obiektów



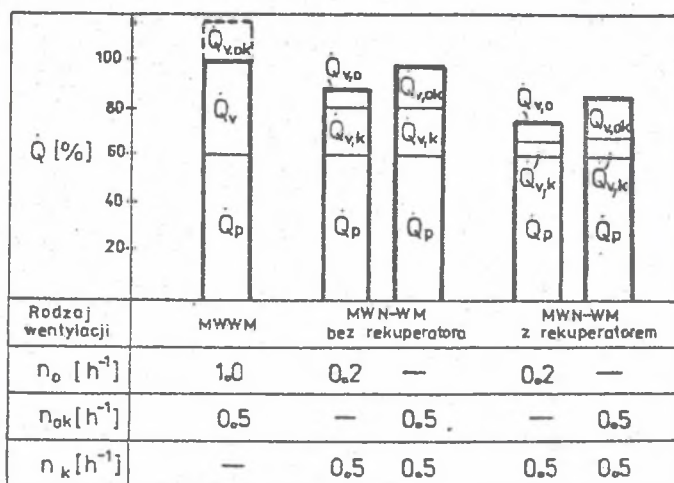
Rys. 10 Udział wentylacyjnych strat ciepła w całkowitym jego zapotrzebowaniu w budynkach jednorodzinnych i 16-kondygnacyjnych

Wzrasta ono do maksimum 45 % w przypadku, gdy okna charakteryzować się będą współczynnikiem przenikania ciepła nie większym niż $2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Oznacza to jednocześnie zaoszczędzenie w skali kraju od 2 do 8 mln t.p.u. pod koniec 1990 roku. Tym wymaganiom i efektom odpowiadają konstrukcje przegród zewnętrznych przedstawione na rys. 1, na których budowę przeznaczyc trzeba dodatkowe koszty. Będą one jednak w całości pokrywane na urządzeniach grzewczych lub też zamortyzują się w czasie 5-10 lat.

Stosowanie w obiektach, szczególnie wielorodzinnych, nieskutecznej wentylacji grawitacyjnej może praktycznie zniweczyć efekt zwiększenia ich izolacyjności cieplnej. Wymagania minimum w tym zakresie powinny się sprowadzić do stosowania w budynkach o wysokości, począwszy od 3-4 kondygnacji, mechanicznej wentylacji wywiewnej realizującej wymianę powietrza z określoną tolerancją zależną od szczelności przegród zewnętrznych i możliwości regulacyjnych systemu. Niezbędna dla zapewnienia ciągłej pracy takiego systemu energia napędowa ma praktycznie mały wpływ na bilans sumaryczny, którego główną pozycję stanowi zapotrzebowanie ciepła do podgrzania powietrza infiltrującego przez okna z zewnątrz. Wpływ jej wzrostu przy stosowaniu układów nawiewno-wywiewnej wentylacji mechanicznej może być zamortyzowany w przypadku wykorzystania rekuperatora odzyskującego ciepło (patrz rys. 3). Możliwości zmniejszenia potrzeb cieplnych obiektów z tego typu systemami przedstawiono na rys. 11. Założono dużą szczelność okien pozwalającą po ich zamknięciu na wymianę powietrza równą $n_o = 0,2 \text{ h}^{-1}$ przy jednoczesnej, kontrolowanej przez system wentylacyjny, wymianie $n_k = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Przyjęto także, że otwieranie okien w budynku nie jest częste i odpowiada kontrolowanej przez system wentylacji krotności $n_{ok} = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Jako 100% potrzeb cieplnych przyjęto przypadek obiektu 16-kondygnacyjnego z wentylacją mechaniczną wywiewną realizującą wymianę powietrza równą $n = 1,0 \text{ h}^{-1}$. Zainstalowanie mechanicznej wentylacji wywiewno-nawiewnej, przy jednoczesnym ograniczeniu do niezbędnego minimum wymiany powietrza ($0-5 \text{ h}^{-1}$), umożliwi dalsze zmniejszenie zużycia ciepła sięgające od 15 % do 25% w stosunku do obiektu z systemem wentylacji wywiewnej.

Ze względu na zaniedbanie problematyki wentylacji w kubaturowym budownictwie trudno jest w chwili obecnej określić koszty inwestycyjne budowy takich systemów. W warunkach budownictwa skandynawskiego koszty te stanowią do 1,5% kosztów realizacji obiektu przy wywiewnej wentylacji mechanicznej, a przy systemach nawiewno-wywiewnych sięgają 3%. Jednocześnie podkreśla się, że aby utrzymywać się w podobnych granicach, należy nie przekraczać $0,25 \text{ W}$ mocy absorbowanej przez 1 m^3 powietrza wentylacyjnego w okresie 1 godziny eksploatacji.

Trudne jest również wskazanie realnych efektów w przypadku wprowadzenia do budownictwa systemów wentylacji mechanicznej. Jednak wnioskując z udziału wentylacyjnych strat ciepła w bilansie obiektów może on sięgać podobnych wartości jak przy zwiększeniu izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych.



Rys. 11. Możliwości zmniejszenia zapotrzebowania ciepła na cele wentylacyjne w budynku 16-kondygnacyjnym

Natomiast efektem niewymiernym, ale bardzo istotnym z punktu widzenia mikroklimatu mieszkań, będzie wyeliminowanie przypadkowości w ustalaniu się parametrów powietrza w pomieszczeniach.

6. Podsumowanie

Osiągnięcie realnych oszczędności w zużyciu ciepła przez obiekty mieszkalne jest możliwe poprzez:

- zwiększenie izolacyjności pełnych przegród zewnętrznych,
- stosowanie okien o mniejszych współczynnikach przenikania ciepła,
- redukcję niekontrolowanej infiltracji powietrza przez okna przez zastosowanie mechanicznych wentylacji wywiewnych,
- ograniczenie tej infiltracji do niezbędnego minimum przez zwiększenie szczelności przegród zewnętrznych,
- realizację wymiany powietrza w sposób zróżnicowany dla pomieszczeń o różnym przeznaczeniu i w zależności od aktualnych potrzeb przez zastosowanie systemów wentylacji mechanicznej o odpowiednich możliwościach regulacyjnych,
- zastosowanie systemów mechanicznej wentylacji nawiswno-wywiewnej z urządzeniami odzyskującymi ciepło.

Tabela 8

Przewidywane zmniejszenie potrzeb ciepłych obiektów

| Zmniejszenie zużycia ciepła w obiektach % | | |
|--|-----------------------|-----------------------|
| Sposób ograniczenia | Budynki jednorodzinne | Budynki wielorodzinne |
| Zwiększenie izolacyjności termicznej zewnętrznych przegród pełnych, $\dot{Q}_p / \dot{Q}_{pmax}$ | 5 - 8 | 10 - 12 |
| Ograniczenie przeszklenia i zwiększenie izolacyjności cieplnej okien, $\dot{Q}_p / \dot{Q}_{pmax}$ | 20 - 35 | 15 - 25 |
| Zastosowanie wywiewnej wentylacji mechanicznej, $\dot{Q}_v / \dot{Q}_{v max}$ | 5 - 10 | 15 - 25 |
| Zwiększenie szczelności okien, ograniczenie do minimum wymiany powietrza realizowanej za pomocą wywiewnych wentylacji mechanicznej - kontrolowanej $\dot{Q}_v / \dot{Q}_{v max}$ | 10 - 15 | 15 - 40 |
| Zastosowanie systemów nawiewno-wywiewnych z rekuperatorami $\dot{Q}_v / \dot{Q}_{v max}$ | 20 - 40 | 35 - 70 |

Procentowe zmniejszenie potrzeb ciepłych obiektów, uzyskiwane drogą ograniczenia zarówno izolacyjności cieplnej, jak i polepszenia działania wentylacji, przedstawiono w tabeli 8. Określono je poprzez porównanie zapotrzebowania ciepła uzyskiwane po analizowanych zmianach w stosunku do maksymalnych potrzeb obliczonych dla aktualnych wymagań normatywnych (izolacyjność cieplna - przy k_{max}) lub dla stanu obecnego (wentylacyjne straty ciepła - średnia krotność wymian powietrza). Na uwagę zasługuje fakt, że realne w kraju zwiększenie izolacyjności cieplnej jedynie zewnętrznych przegród pełnych oraz wprowadzenie do budownictwa mieszkaniowego mechanicznej wentylacji wywiewnej może dać średnio od 15% (obiekty jednorodzinne) do 35% (budynki wielorodzinne) zmniejszenia zużycia ciepła w mieszkaniach. Oznaczać to może zaoszczędzenie w budownictwie realizowanym wg danych z tabeli 2 około 15 mln t.p.u. w roku 1990.

7. Wnioski

Konieczność limitowania zużycia ciepła także przez budownictwo mieszkalne jest bezdyskusyjna. Przedstawione w niniejszym opracowaniu szacunkowe

oceny potrzeb ciepłych i ich analiza potwierdziły, że możliwości w tym zakresie istnieją. Sięgają one przy minimalnych wymaganiach co do ochrony cieplnej obiektów około 30%. Należy jednak pamiętać, że przed wprowadzeniem do praktyki zalecanych rozwiązań niezbędne jest opracowanie jednoznacznych aktów normatywnych oraz przeorganizowanie metod produkcji w przemyśle budowlanym. Jednocześnie, aby uzyskać globalne oszczędności w skali kraju, powinno się również ocieplać budynki już zrealizowane, a także, o ile jest to możliwe, instalować w nich systemy wentylacji mechanicznej. W przypadku jeżeli zaistnieją trudności we wprowadzaniu tych systemów do budownictwa mieszkaniowego, wznoszone powinny być objekty o konstrukcjach umożliwiających ich zamontowanie w przyszłości.

LITERATURA

- [1] Przegląd Techniczny 1/1981 "Gdzie tracimy ciepło".
- [2] Nantka M.: Rozeznanie techniki wentylacyjnej w budownictwie mieszkaniowym. Praca Z.O.W i O.A. Politechniki Śląskiej, 1981 (niepublikowana).
- [3] Wójcicki J.: Granica opłacalności zwiększenia izolacyjności przegród budowlanych w kompleksowym ujęciu bilansu ciepłego budynków i miast. COW, 2/1975.
- [4] Berry J.: Conservation of Energy in Housing. The building services engineer, 2/1977.
- [5] Terras Y., Kaplan F.: Caracteristiques thermiques de L'habitat. Pro-modim A2, 1976.
- [6] Ehm H., Gertis K.: Heizenergiebedarf und Erläuterung für einen erhöhten Wärmeschutz. 1974.
- [7] Klimatizacja, grejanie, hlactanje, 2/1981, Zagrzeb.
- [8] Nantka M.: Wentylacja i zapotrzebowanie ciepła w budykach mieszkalnych typu S-Sz/SG. Praca Z.O.W i O.A. Politechniki Śląskiej, 1981 (niepublikowana).
- [9] Niedbała R.: O możliwościach ograniczenia strat energetycznych przez otwory okienne. COW, 11/1975.
- [10] Pieniążek Z., Kisieliwicz J.: Problem ekonomicznej wartości współczynnika przenikania ciepła k we współczesnym budownictwie mieszkaniowym. COW, 6/1975.
- [11] Cardonnel C.: Bilan thermique de l'habitat. Chaud - Froid - Plomberie Nr. 411.
- [12] Buczyńska E.: Wpływ rodzaju i wielkości okien na zużycie ciepła w budownictwie ogólnym. COW, 3/1980.
- [13] Nantka M.: Ventilation and energy use in dwelling houses. Air Infiltration Review (w druku).
- [14] Kozłowski J.: Problemy zaopatrzenia w ciepło aglomeracji. COW, 7/1976.

- [15] Nantka M.: Skuteczność wymiany powietrza w 11 kondygnacyjnych budynkach typu Fadam. Sympozjum PAN, Koźobrzeg 1979.
- [16] Nantka M., Majerski S.: Wentylacji w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych. COW, 10/1979.
- [17] Nantka M.: A numerical method of air change rate in buildings calculated. International Conference, Praga 1981.
- [18] Nantka M.: Air flows in residential buildings. Air Infiltration Review, Berkshire 1981.
- [19] Nantka M., Majerski S.: Skuteczność działania wentylacji w wielokondygnacyjnych budynkach mieszkalnych. COW, 1981.
- [20] Nantka M.: Przenikalność powietrza zewnętrznych przegród budynków mieszkalnych (w druku).
- [21] Libert A.: Le genie climatique de A jusqu'a Z glossaire du genie climatique. Chaud - Froid - Plomberie, 403/1980.
- [22] Heidt F.: Impact of air infiltration and ventilation on energy losses of buildings. International Congress, Lizbone 1980.
- [23] Nantka M.: Wentylacyjne straty ciepła i możliwości ich ograniczenia w budynkach mieszkalnych. Biuletyn O.B.R. Barowent 1981.
- [24] Nantka M.: Wpływ wentylacji na zapotrzebowanie ciepła dla budynków mieszkalnych. XXVII Konferencja Naukowa PAN, Krynica 1981.
- [25] Isolation, Revetements et Architecture Evolutive, Conception Thermique des Batiments. March - Avril 1975.

ПОТРЕБЛЯЕМОСТЬ ТЕПЛА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ

Р е з ю м е

Данная статья посвящается определению условий и возможностей ограничения потребления тепла в реализованных односемейных и многосемейных жилых домах. Анализ проведен с учетом требований и сегодняшнего состояния теплоизоляции наружных перегородок а также эффективности действия систем вентиляции применяемых и тех которые могут найти применение в рассматриваемых жилых зданиях.

HEAT DEMAND IN HABITABLE BUILDINGS AND POSSIBILITIES OF ITS DECREASING

S u m m a r y

Proper conditions of more rational energy utilisation are important needs of social and economic life. This paper deals with these conditions and possibilities of decreasing of heat demands in onefamily and multifamilies buildings. Requirements and present state of the isolation heat barriers are taken into account in the analysis. Efficiency of ventilation systems which may be used in buildings under consideration is discussed.