

WIKTOR JACKIEWICZ, LESZEK LEŚNIK

GENEZA PROEKOLOGICZNEGO SYSTEMU FORMOWANIA STRUKTURY MIESZKANIOWEJ. OKREŚLENIE PODSTAW METODY ROZWIĄZYWANIA FUNKCJI I FORMY OBIEKTÓW

1. Mikroklimat pomieszczeń mieszkalnych

Pomieszczenia mieszkalne powinny spełniać wymagania fizjologiczne i psychiczne człowieka. Powinny zapewnić optymalne warunki dla organizmu ludzkiego, umożliwiające maksymalną jego aktywność. Warunki te przyjęto nazywać mikroklimatem, a określenie to stosuje się do niektórych właściwości fizycznych powietrza w ograniczonej przestrzeni, przyjmując, że mogą one różnić się od tych, które charakteryzują klimat naturalny. Mikroklimat zależy od wielu czynników, takich jak:

- zmienność meteorologiczna;
- zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego;
- rodzaj i cechy fizyczne materiałów budowlanych;
- rozwiązania architektoniczno-konstrukcyjne i użytkowe budynku;
- ogrzewanie i wentylacja mieszkań;
- technologia realizacji obiektów.

Do podstawowych parametrów natomiast należą:

- temperatura powietrza (t_w);
- średnia temperatura promieniowania otoczenia (t_r);
- wilgotność względna powietrza (R);
- prędkość i kierunki ruchu powietrza (w);
- stan higieniczny powietrza w pomieszczeniach.

We współczesnym budownictwie spotykamy się z dodatkowymi elementami mikroklimatu:

- niesymetrycznym oddawaniem ciepła na skutek zróżnicowania temperatur ścian otaczających;
- jonizacją powietrza;
- promieniowaniem jonizującym;
- elektrycznością statyczną.

Ta ostatnia grupa czynników występuje m.in. na skutek stosowania nowych materiałów i współczesnych elementów wyposażenia mieszkań. Źródłem jonizacji powietrza są np. promienniki elektryczne i kuchenki gazowe, a przy stosowaniu niektórych odmian granitu i glin, żuźla wielkopieczowego czy bazaltu jako kruszywa występuje promieniowanie o około 20 razy od dawki, jaką człowiek otrzymuje z atmosfery zewnętrznej.

Tworzywa sztuczne stosowane w mieszkalnictwie łatwo się elektryzują, a złe przewodnictwo innych materiałów nie pozwala na rozładowanie powstałych napięć. Jednak wpływ tych czynników na organizm ludzki nie jest jeszcze zadowalająco znany, toteż ograniczono się do omówienia warunków ciepłno-wilgotnościowych w powiązaniu z energią przepływów powietrza oraz jego stanem higienicznym określonym oceną zanieczyszczenia pyłowego, gazowego i zapachowego. Parametry te wymienia się łącznie dlatego, że przy ich występowaniu skutki oddziaływania na człowieka są wynikiem ich współzależności, a nie wpływu każdego z nich z osobna.

Fakt ten jest istotny dla zrozumienia problemu korelacji między zmianami samopoczucia człowieka a zmianami natężenia działania poszczególnych składników mikroklimatu.

Mimo że organizm ludzki posiada zdolność w dostosowaniu się do otoczenia, to jednak gdy chodzi o zakres dopuszczalnych zmian parametrów powietrza, warunkujących prawidłową wymianę ciepła, jest on stosunkowo wąski. Należy więc w każdym przypadku dążyć do wytworzenia i utrzymania takich warunków, aby zachodziła równowaga cieplna między organizmem a środowiskiem.

Niektóre definicje

Wilgotność powietrza (F) - zawartość pary w powietrzu.

Wilgotność bezwzględna (A) - ilość pary wodnej (g/kg lub g/m^3 powietrza suchego), która rzeczywiście znajduje się w powietrzu.

Wilgotność względna (R) - procentowy stosunek wilgotności bezwzględnej do maksymalnej zawartości pary wodnej w powietrzu przy danej temperaturze:

$$R = \frac{A}{F} \times 100\%$$

Temperatura rosy (punkt rosy) - temperatura ochłodzonego powietrza, przy której wilgotność bezwzględna staje się wilgotnością maksymalną.

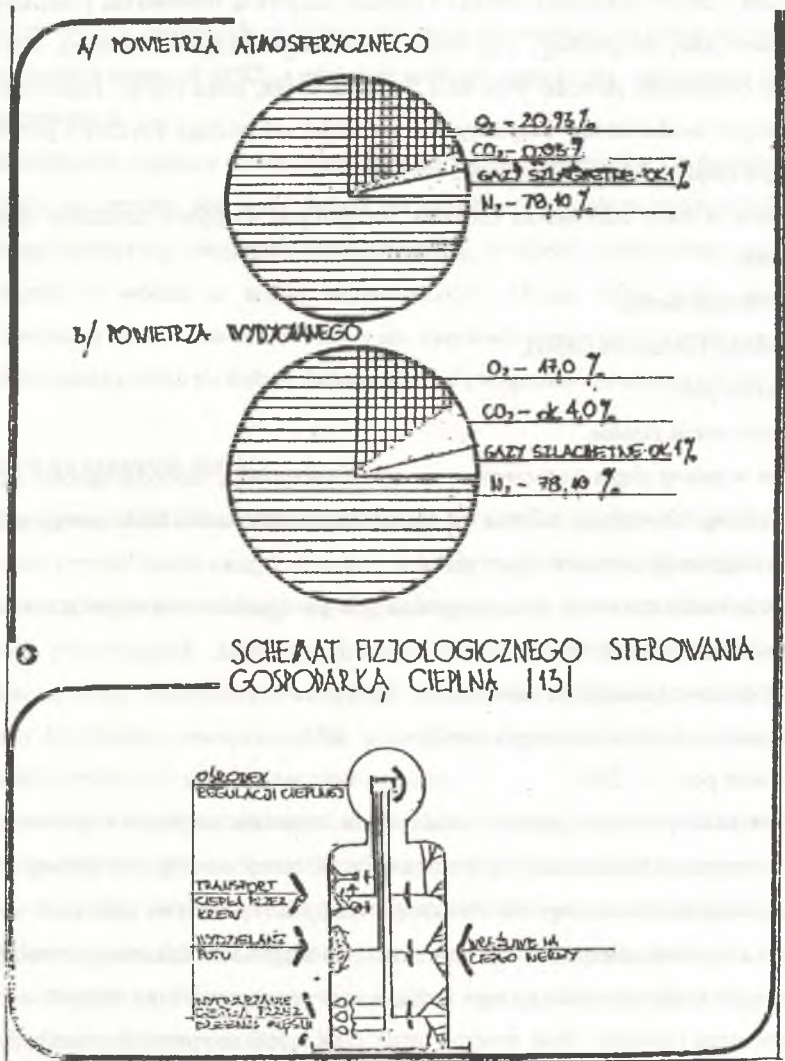
Komfort cieplny - subiektywne dobre samopoczucie człowieka związane z oddziaływaniem czynników klimatu otoczenia.

Procesy regulacji. W centrum regulacji znajduje się tzw. ośrodek cieplny położony w międzymózgowiu. Ośrodek ten jest nadrzędnym organem sterującym bilansem cieplnym, dzięki czemu można go porównać z termoregulatorem. Komórki nerwowe ośrodka cieplnego są informowane o temperaturze ciała częściowo pośrednio za pomocą nerwów skórnych wrażliwych na ciepło i zimno. Za pośrednictwem układu nerwowego ośrodek cieplny uruchamia mechanizmy wyrównawcze niezbędne do utrzymania stałej temperatury wewnętrznej. Regulowane jest przede wszystkim przemieszczanie ciepła przez krążenie krwi, wydzielanie potu i wytwarzanie ciepła, procesy te są dostosowane do potrzeb bilansu cieplnego.

Przenoszenie ciepła przez krew odgrywa najważniejszą rolę w regulacji bilansu cieplnego. Naczynia krwionośne, zwłaszcza włosowate, pełnią w organizmie rolę urządzeń chłodzących i grzejnych. Pobierają ciepło z krwi i oddają je tkankom o niższych temperaturach. W ten sposób krew może przenosić ciepło z wnętrza ciała do skóry ochłodzonej przez temperaturę zewnętrzną i przeciwnie - przy sztucznym doprowadzeniu ciepła z zewnątrz krew może przynieść je ze skóry do wnętrza ciała.

Wydzielanie potu sterowane jest przez ośrodek cieplny i kierowane przez impulsy nerwowe.

Drżenie mięśni jest trzecią możliwością regulacji, polegającą na zwiększeniu wytworzenia ciepła, ale dopiero wówczas, gdy ciepło ulegnie oziębieniu. Ten rodzaj produkcji ciepła umożliwia wzmożone procesy spalania w mięśniach i innych narządach. Dreszcze z zimna są szczególnym, widocznym objawem zwiększenia produkcji ciepła przez wzrost przemiany materii w mięśniach.



Rys. 1. Chemiczny skład powietrza
 Fig. 1. Chemical composition of air

1.1. Temperatura powietrza (tw)

Punktem wyjścia do rozważań jest prawidłowość biologiczna dążenia organizmu ludzkiego do zachowania stałej temperatury (około $37^{\circ}C$) w każdych warunkach, w jakich się znajdzie. Wewnątrz organizmu następuje przemiana energii chemicznej pożywienia na energię

mechaniczną i ciepło (przemiana materii). Organizm zużywa tę wewnętrzną produkcję ciepła na utrzymanie stałej temperatury, przy czym nadmiar ciepła oddaje na zewnątrz. Między ciałem a jego otoczeniem zachodzi więc stała wymiana ciepła, która jest po części zależna od fizjologicznych mechanizmów adaptacyjnych, po części zaś podlega fizycznym prawom wymiany ciepła między ciałem a otoczeniem.

Wymiana ta może odbywać się czterema, różnymi pod względem fizycznym, sposobami, a mianowicie:

- przewodzenie ciepła,
- konwekcję (unoszenie ciepła),
- parowanie potu,
- promieniowanie cieplne.

Proces wymiany ciepła z otoczeniem, zwany termoregulacją, zachodzi zgodnie z prawami fizyki - szybciej lub wolniej, zależnie od różnic temperatury ciała i otaczającego powietrza, istniejącej wilgotności powietrza i jego ruchu.

W warunkach naturalnych (w temperaturze pokojowej) oddawanie ciepła przez organizm można podzielić następująco:

- przewodnictwo i konwekcja powietrza - 40%,
- promieniowanie do ścian i innych obiektów - 40%,
- parowanie potu - 20%.

Podane udziały określają sposób kształtowania warunków cieplnych w pomieszczeniach i sposoby rozwiązań technicznych w tym zakresie. W miarę wzrostu temperatury powietrza sytuacja zmienia się zasadniczo - znacznie zwiększa się udział parowania potu.

Udział konwekcji zależy od ruchu powietrza, przy czym ilość oddawanego ciepła jest proporcjonalna do kwadratu szybkości tego ruchu, a więc nawet niewielkie zwiększenie szybkości ruchu powietrza powoduje dość znaczną utratę ciepła. Jeśli temperatura powierzchni skóry zmiesza się z temperaturą powietrza powyżej 34°C, to oddawanie ciepła będziemy zawdzięczać niemal całkowicie parowaniu potu, gdyż jak wiadomo, promieniowanie i konwekcja maleją w miarę zmniejszania się różnic temperatur między źródłem ciepła a otoczeniem.

Reasumując, utrata ciepła odbywa się głównie przez skórę - ok. 82% oraz przez układ oddechowy - ok. 12%. Skóra jest więc głównym i właściwym regulatorem oddawania ciepła z ustroju.

Wymiana ciepła przez promieniowanie zależy przede wszystkim od temperatury powierzchni wzajemnie na siebie promieniujących, nie zależy natomiast bezpośrednio od tempe-

ratury powietrza znajdującego się między tymi powierzchniami. Utrata ciepła przez konwekcję możliwa jest tylko w warunkach, w których temperatura powietrza jest niższa od temperatury ciała (praktycznie niższa od 34°C), a właściwie wielkość utraty ciepła zależy także od szybkości ruchu powietrza.

Przewodnictwo cieplne z powierzchni skóry do innych przedmiotów lub środowisk zależy od wielkości powierzchni zetknięcia. Jednak ten sposób utraty ciepła w ogólnym bilansie odgrywa drugorzędną rolę, z wyjątkiem pewnych sytuacji, w których powierzchnia zetknięcia jest duża (kąpiel w wodzie o niskiej temperaturze). Utrata ciepła przez pocenie się i wyparowywanie wody z powierzchni skóry jest nazywana czynną utratą ciepła i za jej pomocą organizm może pozbyć się dużych ilości ciepła, o ile wilgotność powietrza nie jest duża.

Wpływ na organizm ludzki

Pod wpływem działania wysokiej temperatury otoczenia w organizmie ludzkim następuje rozszerzenie i przekrwienie naczyń skórnych, wskutek czego wzrasta wypromieniowanie ciepła z powierzchni ciała i wzmacnia się czynność gruczołów potowych. Do niekorzystnych czynników, powodujących zaburzenia procesów termoregulacji ustroju, zalicza się przede wszystkim: ze strony środowiska zewnętrznego równoczesne występowanie ruchu powietrza, a ze strony środowiska wewnętrznego np. odwodnienie organizmu, choroby układu krążenia zmniejszające wydolność sercowo-naczyniową i inne.

Wpływ niskich temperatur na organizm charakteryzuje się występowaniem objawów ogólnych i miejscowych. Ogólna ochrona organizmu przed działaniem niskich temperatur objawia się przede wszystkim zwężeniem naczyń krwionośnych. Następstwem dłuższego działania niskiej temperatury jest oziębienie organizmu, anemizacja skóry i zmniejszona ogólna odporność organizmu. Wpływ niskich temperatur znacznie się wzmacnia w środowisku wilgotnym przy dużych prędkościach ruchu powietrza.

1.2. Średnia temperatura promieniowania otoczenia (t_r)

Fizjologiczne badania wzajemnych wpływów temperatury powietrza i otaczających powierzchni wykazały, że odczucie temperatury przez człowieka odpowiada w przybliżeniu średniej pomiędzy wartościami tych temperatur. Średnią temperaturą płaszczyzn otaczających

i temperaturą powietrza pomieszczenia przyjęto nazywać temperaturę odczuwalną (elektryczną)* wdrażać wzorem:

$$t_o = \frac{t_r + t_w}{2}$$

gdzie:

t_w - przeciętna temperatura powietrza

t_r - średnia temperatura promieniowania obliczana jako ważona z temperatur wszystkich otaczających pomieszczenie powierzchni w odniesieniu do ich pól

$$t_r = \frac{A_1 V_1 + A_2 V_2 + \dots + A_n V_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \text{ } ^\circ\text{C}$$

przy czym $V_1, 2, n$ - temperatura na powierzchniach przegród otaczających pomieszczenie, $A_1, 2, n$ - pola powierzchni przegród otaczających pomieszczenie (m^2).

Dla dobrego samopoczucia jest rzeczą ważną, aby różnice między temperaturą powietrza a temperaturą otaczających powierzchni były niewielkie. Najkorzystniejsze warunki występują, gdy $t_w = t_r = t_o = 20^\circ\text{C}$, ale praktycznie komfort cieplny zostanie zachowany, gdy temperatury odczuwalne zmieniać się będą w granicach $t_o = 10,5^\circ\text{C}$ do 23°C , przy temperaturach powietrza rzędu $t_w = 18,5^\circ\text{C}$ do 24°C .

Pozwala to na określenie maksymalnej różnicy temperatur powietrza i przegród, która powinna wynosić $t_w = V \ 4,5^\circ\text{C}$. W praktyce przyjmuje się jako regułę, aby przeciętne temperatury otaczających powierzchni nie odbiegały od temperatury powietrza o więcej niż 2° do 3° w górę lub w dół.

1.3. Wilgotność powietrza (R)

Wpływ wilgotności powietrza na bilans cieplny ustroju zależy głównie od temperatury powietrza. W warunkach mikroklimatu gorącego wilgotność powietrza ma zasadnicze znaczenie dla czynnej utraty ciepła zachodzącej przez parowanie potu z powierzchni skóry.

* G. Lampe, A. Pelc - Projekt klimatyzacji a projekt budynku, Arkady, Warszawa 1981.

W przypadkach, w których temperatura powietrza jest znacznie niższa od temperatury skóry, wzrost wilgotności powietrza wymaga bierną utratę ciepła przez przewodzenie.

W celu oceny środowiska cieplnego oznacza się najczęściej tzw. **wilgotność względną**, która wyraża w procentach stosunek między wilgotnością bezwzględną a wilgotnością maksymalną. Wartość ta oddaje stopień nasycenia powietrza parą wodną i informuje, ile jeszcze pary wodnej może zmieścić się w powietrzu o określonej temperaturze.

Istotnym czynnikiem dla wilgotności maksymalnej jest temperatura powietrza (np. w temperaturze 0°C maksymalna zawartość pary wodnej w powietrzu wynosi 4,8g/m³, w temperaturze 20°C - 17,3g/m³).

W przypadkach, w których temperatura powietrza jest niższa od temperatury ciała, przylegająca do skóry warstwa powietrza nagrzewa się - wzrasta wilgotność maksymalna, a tym samym zwiększa się możliwość parowania potu z powierzchni skóry. Proces ten kończy się w chwili wyrównania się temperatury powietrza i temperatury skóry z temperaturą ciała (37°C).

Wilgotność maksymalną w temperaturze 37°C uważa się za **wilgotność graniczną** dla czynnej utraty ciepła, a różnicę między wilgotnością maksymalną w temperaturze 37°C (43,9 g/m³) i oznaczoną wilgotnością bezwzględną nazywamy **niedosytem fizjologicznym**. Niedosyt fizjologiczny ma istotne znaczenie dla oceny możliwości utraty ciepła przez ustrój na drodze parowania potu.

Wpływ wilgotności na organizm ludzki

W środowisku o wysokiej wilgotności powietrza (powyżej 80%) najczęściej występują choroby gośćcowe, nerwobóle, niezżyty górnych dróg oddechowych.

W środowisku o niskiej wilgotności (poniżej 30%) obserwuje się zwiększoną podatność na zakażenia i wysuszenie błon śluzowych.

Powietrze suche działa pobudzająco na organizm, a powietrze wilgotne i ciepłe subiektywnie daje odczucie duszności, obiektywnie prowadzi do niedostatecznego oddawania ciepła przez ustrój i zaburzeń w procesach termoregulacji.

1.4. Prędkość ruchu powietrza (W)

Następnym czynnikiem wpływającym na mikroklimat jest prędkość ruchu strumienia powietrza. Maksymalna wartość, przy której nie odczuwane jest jeszcze wrażenie "przeciągu", wynosi 0,5 m/s, przy czym temperatura powietrza nie powinna być niższa niż 26°C. Przy

średnich temperaturach pokojowych rzędu $t_w = 20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$ prędkość powietrza powinna się wahać w granicach 0,05 - 0,15 m/s. Ze względu na małe kubatury mieszkań oraz nieszczelności stolarki okiennej wprowadza się ograniczenie prędkości powietrza w strefach przyokiennej i nie powinny one przekraczać wartości 0,1 m/s w odległości 0,4 m od wewnętrznej płaszczyzny szklenia.

Wpływ na organizm ludzki

Intensywne lub długotrwałe działanie ruchu powietrza może powodować obniżenie ciśnienia krwi, bóle głowy, bóle serca oraz wzmożoną pobudliwość nerwową.

1.5. Stan higieniczny powietrza w pomieszczeniach

Działanie zanieczyszczeń powietrza na ustrój ludzki, w momencie gdy przekracza granice fizjologiczne, stanowi przedmiot szczegółowego zainteresowania toksykologii, czyli nauki o działaniu substancji trujących. Jeśli organizm zostanie zaatakowany przez substancję szkodliwą (trującą) o małym stężeniu w powietrzu, we krwi i organach wewnętrznych zachodzą samoczynne reakcje odtruwające, które neutralizują jej działanie; wydają na zewnątrz bądź też izolują. Sytuacja jednak pogarsza się, gdy "równowaga sił" zostanie zachwiana na korzyść substancji trującej; wystąpią objawy zatrucia, początkowo słabe, a następnie coraz silniejsze, przy czym należy dodać, że nawet niewielkie stężenia, ale trwające długo powodują przewlekłe zatrucia organizmu.

Stężenie gazu, pary lub pyłu w powietrzu, które organizm ludzki znosi bez szkody dla zdrowia, określa się stężeniem dopuszczalnym. Dla przykładu stężenia dopuszczalne w miligramach na 1 l powietrza wg normy PN/56-2-04030 wynoszą dla:

- tlenku węgla 0,02
- siarkowodoru 0,01
- amoniaku 0,02
- benzenu 0,1
- dwutlenku siarki 0,02
- arsenowodoru 0,0003
- tlenku azotu 0,002

Nieco inne działanie na organizm człowieka wykazuje zanieczyszczenie powietrza pyłami. Samoobrona przed pyłami jest zazwyczaj łatwiejsza niż przed gazami. Naturalny filtr, jakim

jest nos, oskrzela i tchawica, wychwytuje pyłki większe, o średnicy powyżej 10 mikronów i wydala je z ustroju, a do pęcherzyków płucnych docierają tylko pyły drobniejsze, przy czym za najgroźniejsze uważa się te o średnicach 0,5 - 5 mikronów. W pomieszczeniach mieszkalnych występuje głównie szkodliwe gazowe zanieczyszczenie powietrza, którego źródłem jest człowiek, a także pomieszczenia specjalnego użytkowania, jak kuchnia i węzły sanitarne.

Wpływ mikroklimatu pomieszczeń mieszkalnych na samopoczucie użytkownika

Mimo że organizm ludzki potrafi dostosowywać się do otoczenia, to jednak gdy chodzi o zakres dopuszczalnych zmian parametrów powietrza, warunkujących prawidłową wymianę ciepła, jest on stosunkowo wąski. Uciążliwość mikroklimatu powoduje złe samopoczucie, będące konsekwencją celowej regulacji biologicznej, która ma skłonić organizm do zastosowania odpowiednich środków w celu przywrócenia równowagi zaburzonej gospodarki cieplnej ustroju.

Zaburzeniom dobrego samopoczucia towarzyszą zmiany czynnościowe, które obejmują cały organizm. Nadmierne ciepło prowadzi do zmęczenia i senności, przeciwnie organizm zagrożony oziębieniem odczuwa zwiększoną potrzebę ruchu, ale pogarsza się uwaga i możliwość skupienia się.

Jeżeli osobę umieścimy w komorze klimatycznej i poddamy ją działaniu różnych temperatur, można ustalić zakres, w którym zachowuje się równowaga cieplna organizmu. Zakres ten nazywa się **strefą regulacji naczyniowo-ruchowej***, gdyż w obrębie tych granic gospodarka cieplna utrzymana jest w równowadze, głównie w wyniku regulacji rozmieszczenia krwi. Zimą dla osoby ubranej zakres temperatury między 20 a 23°C określono jako strefę zapewniającą dobre samopoczucie.

Przy podniesieniu temperatury powyżej tego zakresu powstaje niewielki bilans cieplny, zakres ten nazywa się **strefą regulacji cieplnej przez wyparowanie wody**. Jeżeli rozgrzanie przekroczy określoną wartość graniczną, wewnętrzna ciepłota raptownie rośnie i prowadzi do śmierci z powodu udaru cieplnego.

Zakres temperatury leżącej poniżej strefy regulacji naczyniowo-ruchowej charakteryzuje się ujemnym bilansem cieplnym organizmu. Ten zakres nazywa się **strefą fizycznego oziębienia**. Sprawdzając, przy jakich temperaturach badana osoba odczuwa wyraźnie dobre samopoczucie, można stwierdzić, że przedział tych temperatur wynosi od 2 do 3°C. Zakres

* G. Grandjean, Fizjologia pracy, PZWL, Warszawa 1971.

temperatury, w której człowiek dobrze się czuje, jest jednak indywidualnie bardzo różny. Zależy on od osoby, ubrania, odżywiania, pory roku, wieku, płci.

Do określenia subiektywnego odczucia ciepła w przypadkach, w których udział promieniowania ciepłego otoczenia wywiera wpływ na ocenę warunków mikroklimatu, wprowadzono wskaźnik zwany poprawioną temperaturą efektywną (lub odczuwalną).

Temperaturę efektywną określa się na podstawie wyników pomiarów temperatury, ruchu i wilgotności powietrza i porównania uzyskanych danych ze specjalnymi monogramami, sporządzonymi na podstawie doświadczeń przeprowadzonych na ludziach.

Z monogramu wynika, że 18°C temperatury efektywnej oznacza warunki klimatyczne, przy których człowiek odnosi wrażenie takiej właśnie temperatury, jakie odniósł przy 18°C temperatury wnętrza, przy spójnym nasyconym w 100% parą wodną, powietrzu.

Poprawioną temperaturę efektywną określa się na podstawie tych samych monogramów i w sposób podobny, z tym, że na skali termometru suchego odkłada się średnią temperaturę oznaczoną za pomocą termometru kulistego Vernona.

Opracowane w ten sposób wskaźniki klimatu zapewniającego dobre samopoczucie ujęto w tablicy psychometrycznej, a na ich podstawie można ustalić zakres mikroklimatu dającego poczucie komfortu mieszkania.

Jednakże wydaje się, że dla fizjologicznego kształtowania mikroklimatu najbardziej celowe jest uwzględnienie wszystkich 4 czynników klimatycznych oddzielnie oraz w ich wzajemnym powiązaniu z odczuwaną temperaturą. Najczęściej stosowaną w tym względzie jest metoda obliczania wskaźnika dobrego samopoczucia opracowana przez D. Zuilena*. Wskaźnik ten ma siedmiostopniową skalę ocen i obliczany jest ze wzoru:

$$B = C + 0,25(t_w + t_r) + 0,1x = 0,1(37,8 + t_w)$$

gdzie: C - stała wartość wynosząca dla okresu letniego = 10,6; dla zimowego - 9,2

t_w - temperatura wewnętrzna

t_r - średnia temperatura promieniowania otoczenia

x - zawartość wilgoci w powietrzu G/kg p, s

* Okotowicz J., Grabowska H. Komfort cieplny pomieszczeń ogrzewanych, ZN Pol. Warszaw., Warszawa 1976.

Skala ocen jest następująca:

B = -3 o wiele za zimno	B = +1 umiarkowanie ciepło
B = -2 za zimno	B = +2 za ciepło
B = -1 umiarkowanie chłodno	B = +3 o wiele za ciepło
B = ± 0 umiarkowanie	

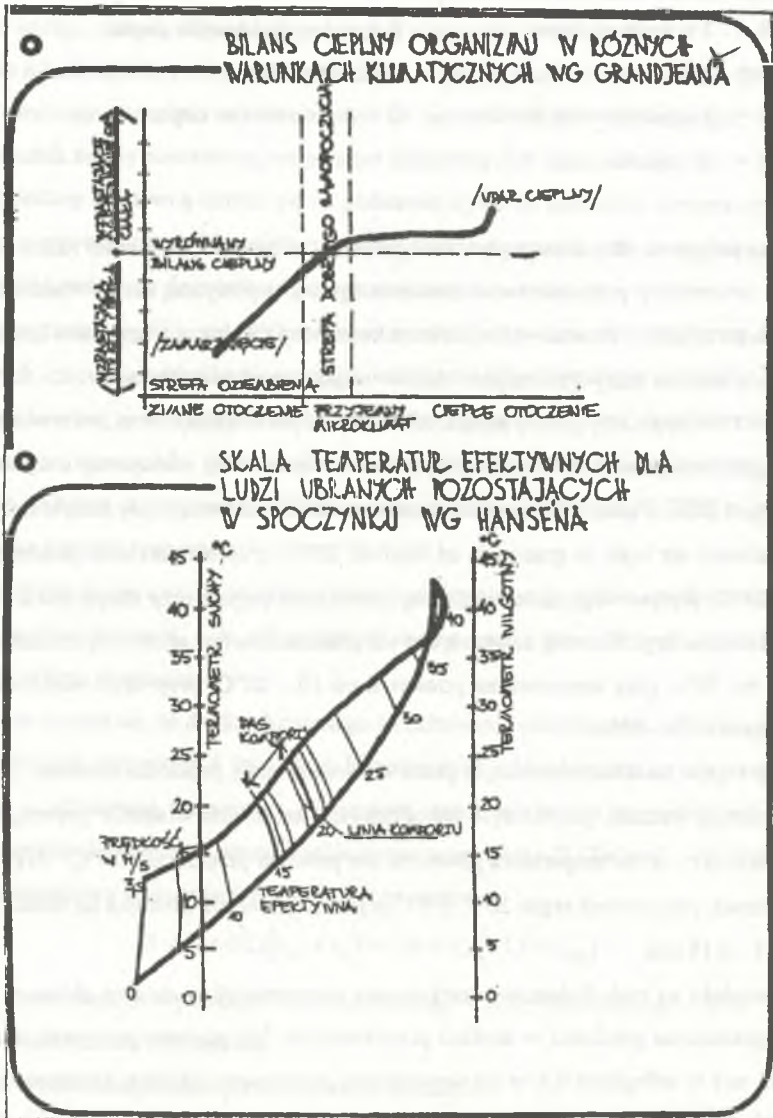
Ocena polega na określeniu wpływu temperatury, wilgotności, prędkości ruchu powietrza i średniej temperatury promieniowania otoczenia zgodnie z powyższą skalą. Właściwa kombinacja tych parametrów stwarza warunki zwane komfortem cieplnym, a uzyskanie komfortu jest celem kształtowania ergonomicznych warunków użytkowania mieszkania.

Najkorzystniejsze warunki występują, gdy temperatura wnętrza równa jest średniej temperaturze promieniowania otoczenia i temperaturze odczuwalnej, efektywnej i wynosi 20°C , $t_w = t_r = t_o = 20^{\circ}\text{C}$. Praktycznie komfort cieplny zostanie zachowany, gdy temperatury odczuwalne zmieniać się będą w granicach od $19,5$ do 33°C , przy temperaturze powietrza rzędu $18,5$ do 24°C . Wpływ wilgotności względnej na odczucie cieplne przy temperaturach pokojowych jest nieznaczny. Niemniej zaleca się aby nie przekraczała ona granic dopuszczalnych, tzn. od 30% do 70%, przy temperaturze powietrza od $19 - 23^{\circ}\text{C}$, przy czym najkorzystniejszą wartością jest 40% - 50%.

Duży wpływ na oddawanie ciepła przez konwekcję mają prędkości strumieni powietrza. Maksymalne jej wartości, przy których nie odczuwane jest jeszcze wrażenie "przeciągu" wynoszą $0,5$ m/s, przy czym temperatura powietrza nie powinna przekraczać 26°C . Przy średnich temperaturach pokojowych rzędu $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ prędkość powietrza powinna się wahać w granicach $0,05 - 0,15$ m/s.

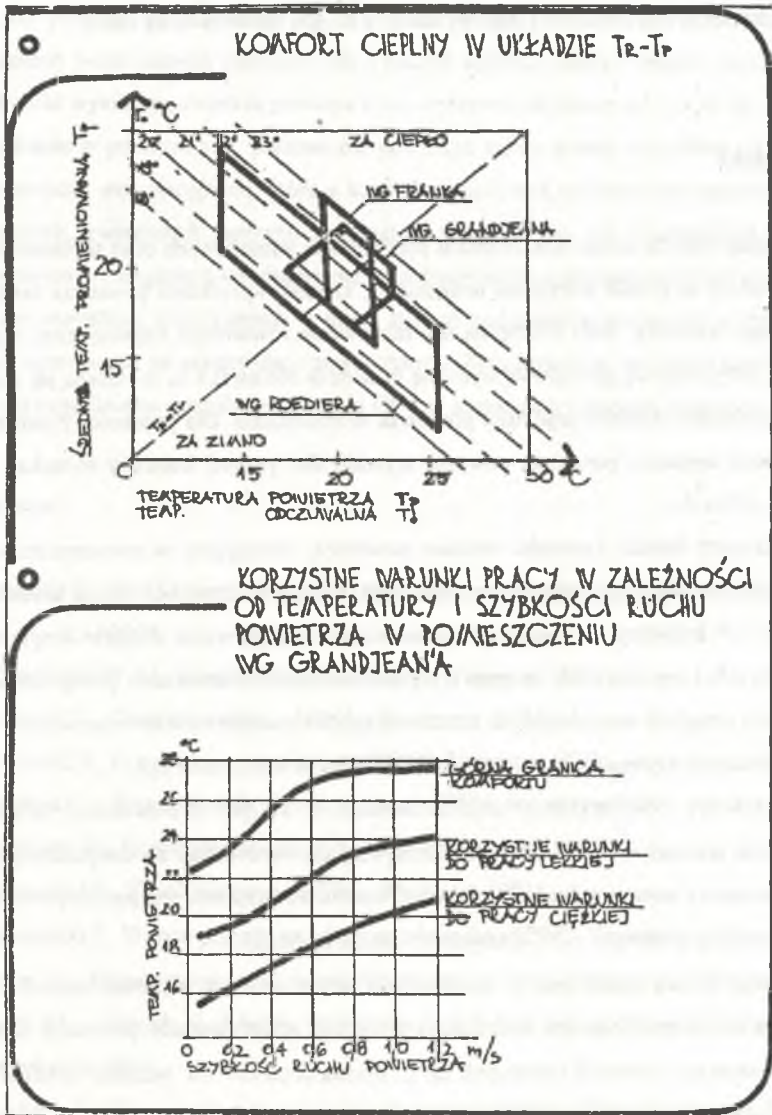
Ze względu na małe kubatury mieszkań oraz nie szczelność w stolارce okiennej wprowadzono ograniczenie prędkości w strefach przyokiennych. Nie powinny one przekraczać prędkości $0,1$ m/s w odległości $0,4$ m od wewnętrznej płaszczyzny szklenia, konieczne jest także wprowadzenie zaleceń odnośnie do kierunków przepływu powietrza w obrębie budynków i poszczególnych mieszkań*. Niezależnie od położenia mieszkań w obrębie budynku powinno ono przenikać z zewnątrz przez okna oraz w niewielkim procencie z klatki schodowej. Po zużyciu musi ono w całości być usunięte przez kanały wywiewne. Problem określenia optymalnych ilości powietrza jest nadal dyskusyjny i nie rozstrzygnięty. Znane są niekonwencjonalne i

* J. Barański, W. Klajnert - Infiltracja powietrza przez okna budynków mieszkalnych, C.O.W. 2,3 1971.



Rys. 2. Bilans cieplny organizmu w różnych warunkach klimatyzacji wg Grandjeana. Skala temperatur efektywności dla ludzi ubranych pozostających w spoczynku wg Hansena

Fig. 2. Heat balance of the organism in different conditioning systems acc. Grandjean. Scale of effective temperatures for dressed people at rest acc. Hansen.



Rys. 3. Komfort cieplny w układzie $T_R - T_p$. Korzystne warunki pracy w zależności od temperatury i szybkości ruchu powietrza w pomieszczeniu wg Grandjeana

Fig. 3. Heat comfort in the system $T_R - T_p$. Favourable work conditions depending on the temperature and the speed of air circulation in the room acc. Grandjean

duże rozbieżności wymagań stawianych przez normę PN-74/B-03430, która określa ilość powietrza z jednej strony krotnością jego wymiany, z drugiej zaś w m^3/h na osobę.

2. Wnioski

Miarodajnymi dla oceny mikroklimatu pomieszczeń mieszkalnych oraz skuteczności działania wentylacji są przede wszystkim temperatury, kierunki i prędkości powietrza oraz częstotliwość jego wymiany. Jako niezbędną dla zachowania równowagi fizjologicznej organizmu ludzkiego przyjmuje się godzinową wymianę powietrza równą $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Górną jej granicę określa maksymalna wartość prędkości powietrza w mieszkaniu. Dla prędkości powietrza $0,10 \text{ m/s}$ krotność wymiany powietrza powinna wynosić dla typowej kubatury mieszkań M-4 w granicach $1,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

W okresach letnich krotności wymian powietrza, szczególnie w pomieszczeniach typu kuchnia lub łazienka, muszą wynosić co najmniej $10 \text{ m}^3/\text{h}$, przy czym oczywiście krotności te są zależne od ich kubatury. W związku z okresowością występowania obciążeń cieplnych, wilgotnościowych i zapachowych w tego typu pomieszczeniach konieczne jest przewidywanie skutecznych urządzeń wentylacyjnych umożliwiających regulację wydatków powietrza.

Zasadniczymi kryteriami oceny stanu mikroklimatu w mieszkaniu są:

1. **Temperatury odczuwalne** w pomieszczeniach, w których dopuszczalny zakres zmian powinien wynosić od 18°C do 23°C . Poczawszy od wyrównania się temperatur powietrza na zewnątrz i wewnątrz budynku dopuścić można do przyrostu temperatury wewnętrznej maksymalnie o wartość $+5^\circ\text{C}$ (dotyczy to okresu letniego).
2. **Prędkość ruchu powietrza** w mieszkaniach, która powinna wynosić średnio $0,10 \text{ m/s}$, przy czym niepożądany jest, szczególnie w okresie letnim, bezruch powietrza. Dla wysokich temperatur równych i wyższych 26°C , można dopuścić do wzrostu prędkości, której wartość nie powinna przekraczać $0,5 \text{ m/s}$.
3. **Napływ świeżego powietrza**, który powinien być tak zorganizowany, aby niezależnie od położenia mieszkań w obrębie budynku i budynków w systemie lokalnej zabudowy, napływało ono z zewnątrz przez szczeliny w oknach lub specjalne konstrukcje otworów nawiewnych w ścianach zewnętrznych. Przepływy powietrza na drodze klatka schodowa - mieszkanie należy ograniczyć do minimum. Niedopuszczalne są również zmiany kierunku przepływu powietrza w kanałach wywiewnych.

4. **Krotność wymiany powietrza** w mieszkaniach (w odniesieniu do ich całkowitej kubatury), nie powinna być niższa od $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz wyższa od $1,0 \text{ m}^3/\text{h}$. W przypadkach pomieszczeń bezokiennych (łazienki) lub o dużych zyskach ciepła i wilgoci (kuchnia), częstotliwość wymiany powietrza powinna być zwiększona okresowo od $5 \text{ m}^3/\text{h}$ do $10 \text{ m}^3/\text{h}$.

Uzyskanie w praktyce ww. parametrów powietrza zależy przede wszystkim od prawidłowości procesów wentylacyjnych, które z kolei są wypadkową oddziaływań ograniczających i zakłócających, związanych zarówno z klimatem zewnętrznym, jak i konstrukcją obiektów. Podstawowym wymaganiami stawianym przed zastosowanym systemem wentylacji jest wytworzenie we wszystkich mieszkaniach w miarę stałego podciśnienia o wartości przekraczającej ciśnienie występujące na przegrodach zewnętrznych. Zagadnienia te omówimy bardziej szczegółowo, uwzględniając specyficzne warunki GOP w następnych częściach dysertacji.

Literatura

1. Barański J., W. Klajnert, Infiltracja powietrza przez okna budynków mieszkalnych, C.O.W. 2,3 / 1971.
2. Bogusławski W. N., Komfort cieplny, Arkady, Warszawa 1974.
3. Fanger P.C., Komfort cieplny, Arkady, Warszawa 1974.
4. Filipowski S., Ergonomia przemysłowa, WNT, Warszawa 1970.
5. Filipowski S., Kształtowanie warunków pracy, PWN, Warszawa 1965.
6. Grandiean W., Ergonomia mieszkania, Arkady, Warszawa 1978.
7. Grandiean W., Fizjologia pracy, PZWL, Warszawa 1971.
8. Grączewski J., Wpływ pogody na zdrowie człowieka, PZWL, Warszawa 1967.
9. Hansen A., Ergonomiczna analiza uciążliwości pracy, Wyd. Związkowe, Warszawa 1970.
10. Jensen M., Franck N., Model - scale tests in turbulent winds, Danisch Technical Press, Copenhagen 1965.
11. Kirschner H., Co to jest zmęczenie i jak mu przeciwdziałać, Wyd. Związkowe, Warszawa 1963.
12. Korczak C., Higiena środowiska, PZWL, Warszawa 1978.
13. Korczak C., Leowski J., Problemy higieny i ochrony zdrowia, Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1977.
14. Kozłowski S., Fizjologia wysiłków fizycznych, PZWL, Warszawa 1970.
15. Lampe G., Pelc A., Projekt klimatyzacji a projekt budynku, Arkady, Warszawa 1981.

16. Matarecki I., Wstęp do fizjologii wysiłku i treningu sportowego, Wyd. AWF, Warszawa 1970.
17. Mc Ardle B., The prediction of the physiological effects of warm and hot environments Royal Navy Pers. Res 47/391, London 1947.
18. Missiuro W., Znużenie, KIW, Warszawa 1947.
19. Nantka M., Wpływ dokładności charakterystyk aerodynamicznych szczelin na wiarygodność obliczeń wymiany powietrza w budynkach mieszkalnych, ZN Pol. Śl., ser. I.S., Gliwice 1982.
20. Okotowicz J., Grabowska H., Komfort cieplny pomieszczeń ogrzewanych, ZN Pol. Warsz., Warszawa 1976.
21. Paraczewski W., Materiały do wykładów z meteorologii i klimatologii, Warszawa 1977.
22. Praca zbiorowa, Klimat miast i mikroklimat pomieszczeń, Warszawa 1974.
23. Vdi - Arbeitsmappe Heizung, Luftung, Klimatechnik, Duseldorf 1968.
24. Winogradow M., Procesy fizjologiczne w pracy człowieka.
25. Yogui C.P., Psychology of head regulation and the science of clothing, Philadelphia 1949.