

ZABURZENIA WYMIANY POWIETRZA W BUDYNKACH PODDANYCH TERMOMODERNIZACJI

Marek TELEJKO*, Jerzy Z. PIOTROWSKI**

* Politechnika Świętokrzyska, Katedra Technologii i Organizacji Budownictwa
Al. Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: mtelejko@tu.kielce.pl

** Politechnika Świętokrzyska, Katedra Budownictwa i Architektury
Al. Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: jzpiotr@tu.kielce.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono problematykę z jaką zetknięto się podczas prowadzenia prac badawczych dotyczących mikroklimatu w budynkach poddanych szeroko pojętej termomodernizacji. Brak koordynacji tych prac oraz nie dostosowanie się do aktualnych przepisów prawnych doprowadził do poważnych zaburzeń w działaniu wentylacji grawitacyjnej, czego skutkiem były bardzo złe parametry mikroklimatu wewnętrznego oraz szybkie zagrzybienie mieszkań.

Słowa kluczowe: Fizyka budowli, wentylacja, termomodernizacja, wymiana powietrza.

1. WSTĘP

Wzrost kosztów utrzymania obiektów oraz dbałości o środowisko naturalne spowodował poszukiwanie i promowanie rozwiązań zmniejszających zużycie energii na cele grzewcze obiektów. Najprostszym i najbardziej efektywnym rozwiązaniem tego problemu jest zwiększenie izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych. Niestety źle przemyślane i nieskoordynowane działania termomodernizacyjne mogą, i coraz częściej mają, negatywny wpływ na mikroklimat panujący we wnętrzach takich obiektów. W artykule przedstawiono problematykę z jaką zetknięto się podczas prowadzenia prac badawczych dotyczących mikroklimatu w budynkach poddanych termomodernizacji. W rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki [8] określono ogólne wymagania dotyczące wentylacji, a w normie [10] między innymi dopuszczalną szczelność otwieranych okien i drzwi balkonowych. Okna o współczynniku infiltracji powietrza mniejszym niż $0,3 \text{ m}^3/(\text{mhdaPa}^{2/3})$ montowane w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej po-

winny być wyposażone w nawiewniki zapewniające dopływ powietrza do celów wentylacji. Gdy brak jest nawiewników, w pomieszczeniach musi być zainstalowana wentylacja mechaniczna nawiewna. W pozostałych wypadkach współczynnik infiltracji musi mieścić się w granicach $0,5 - 1,0 \text{ m}^3/(\text{mhdaPa}^{2/3})$. Jak okazuje się wymagania te mają znaczenie nie tylko w przypadku budynków nowopowstałych, ale również poddanych zabiegom termomodernizacyjnym, które są działaniami bardzo złożonymi, obejmującymi prace z kilku dziedzin budownictwa. Niestety zgodnie z obowiązującymi przepisami [9] niektóre z prac termomodernizacyjnych mogą we własnym zakresie przeprowadzać użytkownicy obiektów bez wcześniejszych uzgodnień czy pozwoleń.

2. DWUTLENEK WĘGLA WSKAŹNIKIEM JAKOŚCI POWIETRZA

Związek pomiędzy ilością powietrza wentylacyjnego a stężeniem dwutlenku węgla wewnątrz pomieszczeń jest od lat uznawanym i powszechnie stosowanym kryterium oceny jakości powietrza [3,5]. Występujący w typowych warunkach dwutlenek węgla nie jest gazem toksycznym i powoduje on u użytkowników jedynie odczucie mniejszego lub większego zaduchu powietrza. W pomieszczeniach zamkniętych obserwuje się zwykle wzrost stężenia dwutlenku węgla w powietrzu pochodzącego ze źródeł zewnętrznych i wewnętrznych. Z zewnątrz przedostaje się on do pomieszczenia przede wszystkim drogą infiltracji powietrza przez nieszczelności w stolarnie budowlanej. Rosnący stopień uprzemysłowienia powoduje że poziom stężenia dwutlenku węgla w powietrzu atmosferycznym stale rośnie. Obecnie jego wartość waha się w granicach $400 - 600 \text{ ppm}$. Wewnątrz pomieszczeń źródłem dwutlenku węgla są przede wszystkim organizmy żywe i

urządzenia gazowe. Jego wydzielanie zależne jest od aktywności organizmu (tab. 1) i może się różnić dla poszczególnych osób w zależności od diety, masy ciała stanu zdrowotnego organizmu. Oczywiście jest, że stężenie CO₂ zależne jest od ilości przebywających w pomieszczeniu osób, zbyt małej wymiany powietrza (spadku zawartości tlenu w powietrzu) czy też nasileniu procesów spalania w pomieszczeniu (np.: palenie tytoniu, przygotowywanie posiłków, itp.).

Tabela 1. Emisja CO₂ dla różnych poziomów aktywności. [4].

Table 1. Emission CO₂ for different levels of activities [4]

Rodzaj aktywności	Wydzielanie CO ₂	
	[dm ³ /s · os.]	[m ³ /s · os.]
Odpoczynek	0,04	4 · 10 ⁻⁶
Lekka praca	0,006 ÷ 0,012	(6 ÷ 12) · 10 ⁻⁶
Praca umiark. ciężka	0,012 ÷ 0,020	(12 ÷ 20) · 10 ⁻⁶
Praca ciężka	0,020 ÷ 0,026	(20 ÷ 26) · 10 ⁻⁶
Praca bardzo ciężka	0,026 ÷ 0,032	(26 ÷ 32) · 10 ⁻⁶

Graniczna wartość stężenia dwutlenku węgla, dla której zakłada się brak szkodliwego działania na człowieka wynosi wg Hodgsona 8500 ppm [1]. Obecne standardy dla powietrza wewnętrznego zakładają dopuszczalny poziom stężenia CO₂ na poziomie 1000 ppm. Wskaźnik ten został zaproponowany przez w XIX Maxa von Pettenkofera [3].

Tabela 2. Oddziaływanie CO₂ na organizmy ludzkie [7].

Table 2. Interaction CO₂ on human organisms

Lp.	Stężenie CO ₂ w powietrzu [ppm]	Objawy
1	300 ÷ 450	Suche powietrze zewnętrzne
2	1000	Podstawa do ustalenia wysokości standardów odnośnie ilości powietrza wentylacyjnego dla pojedynczej osoby
3	1550 ÷ 500	Odczucie wzrastającego zaduchu powietrza

4	5000	Limit wprowadzany na stanowiskach pracy
5	7000 ÷ 10000	Zwiększenie objętości oddechowej
6	15000	Pojawienie się stresów metabolicznych
7	20000	Silnie podwyższona częstość oddechu i silne bóle głowy
8	40000 ÷ 52000	Stężenie dwutlenku węgla występujące w powietrzu bezpośrednio wydychanym z płuc
10	60000 ÷ 80000	Możliwość wystąpienia częściowego paraliżu
11	>80000	Utrata przytomności w ciągu kilku minut.

3. PRZEDMIOT BADAŃ

Przedmiotem badań były typowe parametry mikroklimatu tj. temperatura i wilgotność powietrza, krotność wymian oraz stężenie dwutlenku węgla. Badania prowadzono w budynkach mieszkalnych, 5 kondygnacyjnych, wielorodzinnych wykonanych w technologii wielkiej płyty. Budynek wyposażony był w kanałowy system wentylacji naturalnej ze zbiorczym systemem kanałów wywiewnych. W mieszkaniach zainstalowane były kuchenki gazowe oraz przepływowe podgrzewacze ciepłej wody z otwartą komorą spalania zasilane gazem ziemnym z sieci. W ostatnim okresie obiekty te zostały poddane termomodernizacji polegającej na dociepleniu ścian zewnętrznych styropianem metodą BSO oraz dociepleniu stropodachu wentylowanego, poprzez wdmuchiwanie granulatu wełny mineralnej. Po wykonaniu tych prac, w celu dalszego zmniejszenia kosztów ogrzewania mieszkań, użytkownicy we własnym zakresie sukcesywnie wymieniali również dotychczasową drewnianą stolarkę okienną na nową, wykonaną z PCV.

4. WYNIKI POMIARÓW

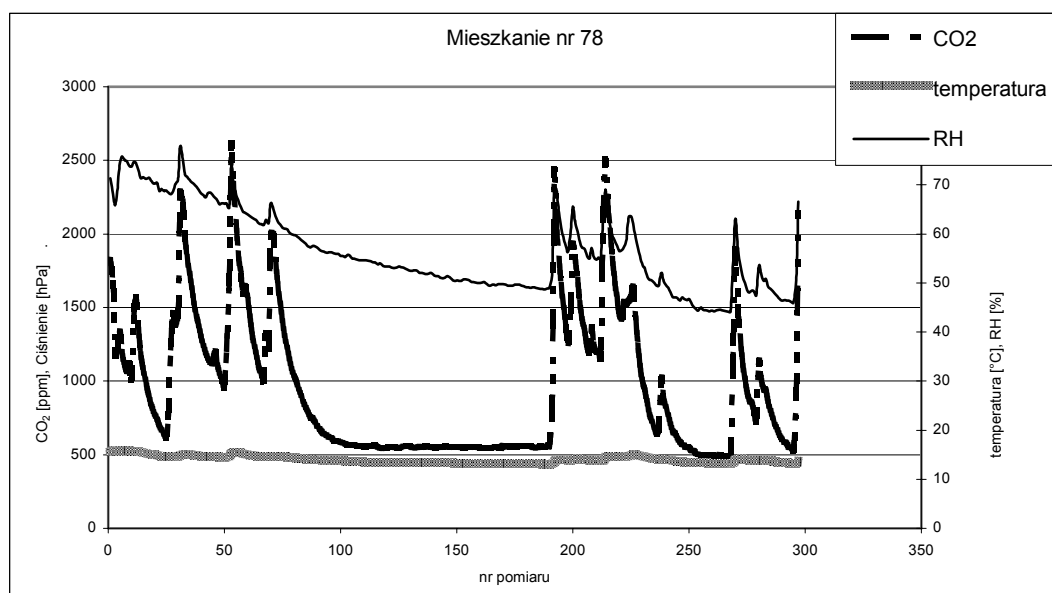
Już po przeprowadzeniu pierwszych prac (docieplenie) użytkownicy mieszkań zaczęli odczuwać nieznaczne uciążliwości związane z działaniem systemu wentylacji grawitacyjnej. Wraz z sukcesywną wymianą stolarki okiennej uciążliwości te pojawiały się w coraz większej liczbie mieszkań, a ich charakter nasilał się. Polegały one głównie na pojawieniu się wstecznych ciągów w kratkach

wentylacyjnych i skraplaniu się pary wodnej na szybach okien, nie tylko kuchennych. Ponadto mieszkańcy coraz częściej uskarżali się na bóle głowy oraz odczucie braku świeżego powietrza w pomieszczeniach. Należy zaznaczyć, iż powyższe zjawiska nasilały się w okresie zimowym i nie odnotowano ich przed pracami modernizacyjnymi. Już po roku w mieszkaniach, w których wymieniono stolarkę okienną, mieszkańcy zauważyli pierwsze ogniska grzybów pleśniowych, najczęściej w kuchniach i łazienkach, ale w niektórych przypadkach również w pokojach mieszkalnych.

W rozpatrywanych mieszkaniach w trakcie pomiarów zanotowano bardzo duże zaburzenia w działaniu wentylacji grawitacyjnej. W kratkach wentylacyjnych zanotowano wsteczne ciągi, a prędkość nawiewu przy wylocie z kratki wentylacyjnej wynosiła nawet 3 m/s. Sytuacja była o tyle niekorzystna, iż przy temperaturze zewnętrznej osiągającej $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatura przy wylocie kratki na parterze wynosiła $2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Wewnątrz pomieszczeń, w których znajdowały się kratki wentylacyjne i występował nawiew powietrza temperatura we wnętrzu, wynosiła około $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$ przy włączonym ogrzewaniu (rys 3.). W pomieszczeniach, gdzie właściciele samowolnie zdemontowali kaloryfery, temperatura wynosiła około $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ \div $+16$ (rys 1 i 2). Niemal we wszystkich mieszkaniach w trakcie korzystania z kuchni gazowych oraz gazowych

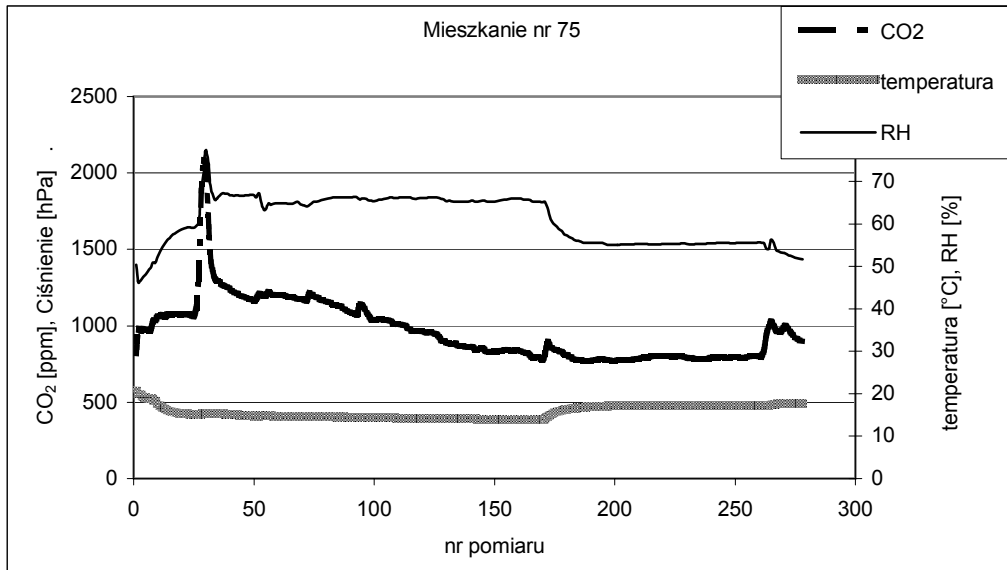
urządzeń grzewczych odnotowano bardzo szybki wzrost stężenia CO_2 (rys. 1 i 3) do wartości kilkukrotnie przewyższających ogólnie przyjęte normy [4] tj. ok. 2200 – 2600 ppm. W mieszkaniach, w których właściciele nie korzystali z urządzeń gazowych, poziom CO_2 w zasadzie nie przekraczał zalecanych 750 – 1000 ppm, ale w chwili włączenia tylko kuchenki gazowej gwałtownie wzrastał on do wartości ok. 1500 – 1800 ppm. Charakterystycznym zjawiskiem niemal we wszystkich badanych lokalach był przemienny charakter przepływu strumienia powietrza wentylacyjnego w kratkach, tzn. nawiew i usuwanie powietrza odbywało się naprzemiennie kratką w kuchni i łazience.

Należy zaznaczyć, że napływ powietrza był tak duży, iż przepływające kanałem zimne powietrze wychładzało całą powierzchnię ściany z kanałami wentylacyjnymi. Temperatura zmierzona na powierzchni ściany z tymi kanałami wynosiła w trakcie prowadzenia pomiarów do $4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $10,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. W skrajnym przypadku podczas przygotowywania posiłków na powierzchni ściany z kanałami pojawiały się stróżki skroplonej pary wodnej i zamarzanie wody w instalacji prowadzonej po powierzchni tej ściany.

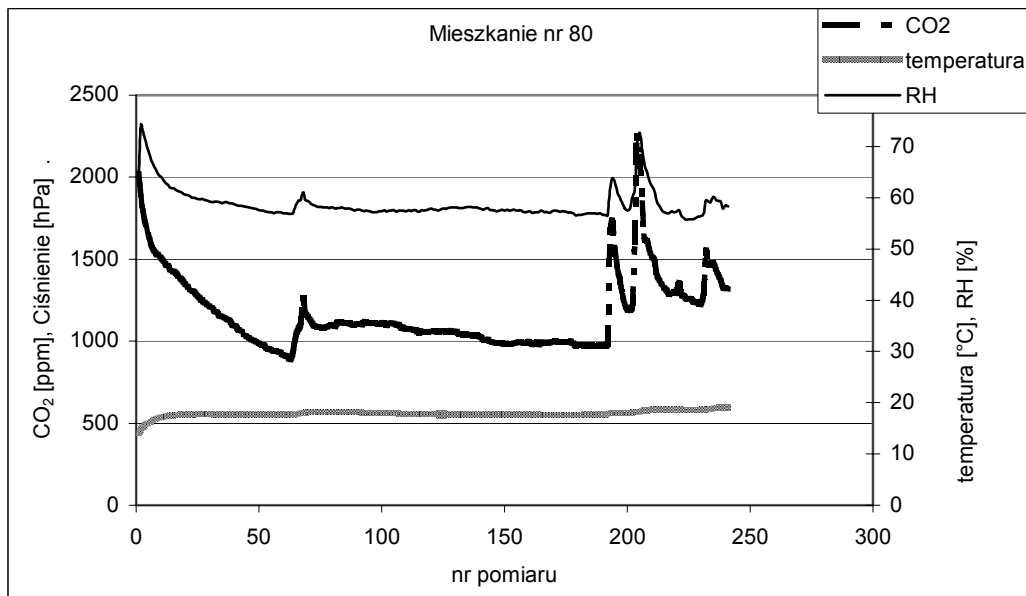


Rys. 1. Dobowy przebieg zmienności parametrów powietrza wewnętrznego w lokalu 78.

Fig. 1. Dayly course of variability parameters of internal air in flat 78.



Rys. 2. Dobowy przebieg zmienności parametrów powietrza wewnętrznego w lokalu 75.
Fig. 2. Daily course of variability parameters of internal air in flat 75.



Rys. 3. Dobowy przebieg zmienności parametrów powietrza wewnętrznego w lokalu 80.
Fig. 3. Daily course of variability parameters of internal air in flat 80.

Zjawisko to można było stwierdzić również optycznie. Zmiany usytuowania najzimniejszego miejsca w przegrodzie z kanałami wentylacyjnymi (wychłodzonej wtłaczanym zimnym powietrzem) potwierdzały miejsca skraplania się pary wodnej na ścianie. Na fotografii 1 widoczna jest skraplająca się para wodna przy kratce wentylacyjnej, natomiast zaślepiena po przeprowadzonej modernizacji

układu wentylacyjnego kratka wentylacyjna w lewej części zdjęcia jest sucha. Na fotografii 2, wykonanej kilka dni później, widoczne jest skraplanie się pary wodnej na powierzchni zaślepionej kratki wentylacyjnej. Sytuacja ta pozwala potwierdzić zmianę miejsca wychładzania przegrody, a tym samym zmienny charakter kierunku przepływu powietrza w kanałach wentylacyjnych.



Fot. 1. Skraplanie się pary wodnej przy wlocie kratki wentylacyjnej, opis w tekście.

Fot.1. Liquefaction water steam at inflow channel of ventilation



Fot. 2. Skraplanie się pary wodnej na powierzchni zaślepionej kratki wentylacyjnej, opis w tekście.

Fot. 2. Liquefaction water steam on surface choked inflow channel of ventilation.

W przypadku wymiany stolarki w całym pionie (poza parterem) napływ świeżego powietrza niezbędnego do procesów spalania gazu w urządzeniach grzewczych oraz celów bytowych była tak mały, że również w mieszkaniu zlokalizowanym na parterze z nie wymienioną (nieszczelną) stolarką, rolę elementu doprowadzającego powietrze przejmowała kratka wentylacyjna. Sytuacja ta spowodowana była faktem podłączenia przykanalików co drugą kondygnację do kanałów zbiorczych oraz dużą szczelnością mieszkań znajdujących się powyżej. W związku z tym nawet przy nieszczelnej stolarce okiennej następowało zawrócenie ciągu we wspólnym kanale wentylacyjnym. Zjawisko to potwierdza, że doprowadzenie powietrza zewnętrznego nie może odbywać się poprzez przypadkowo wykonane otwory, o czym pisano już niejednokrotnie [1,2].

5. ANALIZA WYNIKÓW

Zaobserwowane nieprawidłowości są wynikiem ograniczonego napływu powietrza zewnętrznego do mieszkań niezbędnego do prawidłowego działania systemu wentylacji oraz do właściwego przebiegu procesu spalania gazu w urządzeniach grzewczych i kuchniach. Ograniczenie to jest konsekwencją przeprowadzonych prac modernizacyjnych, tj. ocieplenia styropianem (uszczelnienia) ścian zewnętrznych oraz wymiany stolarki okiennej nie wyposażonej w nawiewniki powietrza. Dodatkowo sytuację komplikuje przeprowadzona modernizacja systemu wentylacji polegająca na zamontowaniu na kominach statycznych nasad kominowych wykonanych z nieocieplanych rur stalowych. Przeprowadzone prace spowodowały likwidację dotychczasowych dróg dopływu powietrza zewnętrznego do mieszkań powodując zaburzenia w działaniu wentylacji grawitacyjnej. Nawet w mieszkaniach, w których nie wymieniono okien napływ powietrza zewnętrznego do mieszkania przez nieszczelności był zbyt mały co powodowało powstawanie wstecznych ciągów. Gazowe urządzenia grzewcze dodatkowo zakłócają działanie wentylacji w rozpatrywanym budynku. Poprzez zamontowanie przepływowych podgrzewaczy wody z otwartą komorą spalania w momencie włączenia tego urządzenia następuje nagły wzrost stężenia CO_2 , przy jednoczesnym zawróceniu ciągu w kanale wentylacyjnym.

Rozszczelnienie okien tylko w ograniczonym stopniu wpływa na wymianę powietrza, a zwiększenie napływu powietrza w ten sposób posiada szereg wad. Przede wszystkim konieczne jest świadome korzystanie z tej funkcji przez użytkowników, którzy bardzo często niechętnie z niej korzystają. Po rozszczelnieniu okien brak jest możliwości regulacji strumienia powietrza napływającego do pomieszczeni. Ilość napływającego powietrza niezależna jest od parametrów powietrza wewnętrznego. Ponadto w okresie zimowym, poprzez szybkie wyziębianie pomieszczeń, proces ten jest uciążliwy dla użytkowników.

6. WNIOSKI

W referacie przedstawiono wyniki badań związków pomiędzy działaniem systemu wentylacji grawitacyjnej, a pracami termomodernizacyjnymi polegającymi na dociepleniu budynku i wymianie stolarki okiennej. Badania przeprowadzono w typowym budynku wielorodzinnym wykonanym w technologii wielkiej płyty wyposażonym w kanałową wentylację naturalną ze zbiorczym systemem kanałów. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji sformułowano poniższe wnioski.

- Ilość powietrza wentylacyjnego pozostaje w ścisłym związku z aktualnie panującymi warunkami klimatu

zewnątrznego, w szczególności zależna jest od temperatury powietrza, kierunku i prędkości wiatru.

- Przeprowadzenie prac termomodernizacyjnych, nawet w małym zakresie, wpływa na jakość działania systemu wentylacji grawitacyjnej.
- Prace te powinny być projektowane i prowadzone kompleksowo.
- Możliwe jest zapewnienie prawidłowego działania wentylacji grawitacyjnej w budynkach termomodernizowanych pod warunkiem koordynacji zaplanowanych prac.
- W przypadku rozłożenia prac termomodernizacyjnych na kilka lat konieczne jest ustalenie ich kolejności, tak aby zakłócenia w działaniu systemu wentylacji naturalnej były jak najmniejsze.
- Koniecznym wydaje się wprowadzenie stanowczych wymagań w stosunku do producentów okien, dotyczących badań szczelności okien lub nawet wyposażania ich, w zależności od przeznaczenia, w nawiewniki okienne.
- Konieczne jest wprowadzenie zapisów prawnych regulujących jednoznacznie powyższe zagadnienia.

[8] Dz. U. Nr 75 z 2002 r., poz. 690 z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z późniejszymi zmianami.

[9] Dz. U. Nr 207 poz. 2016 z roku 2003, Ustawa z dn. 7 lipca 1994 Prawo Budowlane, z późniejszymi zmianami.

[10] PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania. Wraz z arkuszem zmian Az3.

THE AIR EXCHANGE IN A TERMOMODERNIZATION BUILDINGS

Summary: In the article presented results of the studies in a air exchange in termomodernization buildings. In the course of research ascertain considerable disturbances a air exchange in these buildings. In result these work change of direction air flow in channels has taken, deterioration microclimate conditions and development moldy mushrooms.

Literatura

[1] Liddament M. W., *A Guide to Energy Efficient Ventilation*, AIVC, 1996

[2] Mierzwiński S., *Kształtowanie rozdziału powietrza w wentylowanych pomieszczeniach*, Forum Wentylacja 2005, Warszawa 2005

[3] Nantka M.B., *Wentylacja w budownictwie ogólnym – przegląd, działanie, problemy i mity*, Materiały Forum Instalacyjnego, Poznań 2004

[4] Nantka M.B., *Naturalna wymiana powietrza a szczelność mieszkań*, Forum Wentylacja 2005, Warszawa 2005

[5] Nowakowski, E., *Problemy z wentylacją grawitacyjną pomieszczeń*, Rynek Instalacyjny 9/2002

[6] Piotrowski J.Z., Telejko M., *Warunki mikroklimatyczne w mieszkaniach z zainstalowanymi nawiewnikami powietrza*. Materiały L KN KILiW PAN i KN PZITB, Krynica-Warszawa, 2005, T.

[7] Sowa J., *Proces migracji zanieczyszczeń w warunkach stochastycznych zakłóceń*, Praca doktorska, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1995