

WENTYLACJA

a komfort użytkowania



dr inż. Paweł Krause
ORCID: 0000-0002-8398-1961
Katedra Budownictwa Ogólnego
i Fizyki Budowli
Politechnika Śląska



dr inż. Leszek Dulak
ORCID: 0000-0002-7313-112X
Katedra Budownictwa Ogólnego
i Fizyki Budowli
Politechnika Śląska



dr inż. Iwona Pokorska-Silva
ORCID: 0000-0003-0895-6587
Katedra Budownictwa Ogólnego
i Fizyki Budowli
Politechnika Śląska

W artykule opisano wpływ wprowadzonego rozwiązania poprawiającego mikroklimat wnętrza na stan ochrony akustycznej lokalu mieszkalnego znajdującego się na ostatnim piętrze budynku wykonanego w technologii przemysłowej.

W określaniu warunków panujących w pomieszczeniach najczęściej pomocne są dwa pojęcia – mikroklimat i komfort cieplny. Mikroklimat wnętrza to zespół wszystkich parametrów fizycznych oraz chemicznych, zmiennych w czasie i przestrzeni, oddziałujących na organizm człowieka. Na dobre samopoczucie oraz komfort przebywania w pomieszczeniach domowych mają wpływ zarówno czynniki zależne od człowieka, takie jak: indywidualne odczucie temperatury, stopień aktywności fizycznej, stan zdrowia oraz ogólne samopoczucie, jak i czynniki zewnętrzne, czyli: temperatura powietrza oraz temperatura powierzchni otaczających, wilgotność względna powietrza, prędkość przepływającego powietrza, czystość i świeżość powietrza, poziom hałasu, jonizacja powietrza oraz oświetlenie.

Warunki higieniczne, zdrowotne i ochrony środowiska, jako podstawowe wymagania, określono w art. 5 ustawy Prawo budowlane [10]: „Obiekty budowlane (...) należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych (m.in. [7]) oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając spełnienie podstawowych wymagań (...) dotyczących m.in. higieny, zdrowia i środowiska”.

Organizm człowieka ma zdolność dostosowywania się do zmian otaczających go warunków, ale tylko w pewnych niewielkich granicach, dlatego konieczne jest podejmowanie działań stwarzających optymalne wa-

runki w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania ludzi.

Mikroklimat wewnątrz w wielkiej płycie

Druga połowa XX wieku to czas dynamicznego rozwoju budownictwa mieszkaniowego (budowy dużych osiedli mieszkaniowych) opierającego się na technologii wielkopłytowej. Pomimo znacznego wzrostu ilości oddawanych mieszkań nastąpił spadek jakości wznoszonych budynków. Część wad wykonawczych w tych budynkach ujawniła się w początkowym okresie eksploatacji. Już w 1981 r. uruchomiono pierwszy rządowy program likwidacji wad budownictwa wielkopłytowego, którego celem była poprawa komfortu i jakości cieplnej mieszkań oraz zmniejszenie energochłonności budynków wielkopłytowych. Obecnie budynki wzniesione w technologiach przemysłowych ujawniają szereg wad i usterek związanych z jakością wykonania tych budynków oraz oddziaływaniami eksploatacyjnymi [1, 3, 9]. Ponadto mieszkania w takich budynkach coraz częściej nie spełniają oczekiwań użytkowników oraz obowiązujących wymagań [7, 10]. Z racji tego obiekty tego typu są poddawane remontom i modernizacjom. Najczęściej podejmowanymi działaniami są: zwiększenie izolacyjności cieplnej przegród (co pozwala zabezpieczyć budynek przed utratą ciepła), wymiana stolarki okiennej na energooszczędna, unowocześnianie czy też dostosowanie systemu ogrzewania, przygotowania cieplej wody użytkowej i wentylacji.

Dążąc do minimalizacji strat ciepła, mieszkania stają się coraz cieplejsze i są coraz skuteczniej oddzielane od zewnętrznych warunków atmosferycznych. Jednocześnie dość często użytkownicy tych mieszkań mają zastrzeżenia dotyczące komfortu ich użytkowania. Działania modernizacyjne powinny być wynikiem szczegółowych badań i analiz w kontekście nie pogarszania mikroklimatu wewnątrz przy poprawie jakości energetycznej budynków [2].

Kolejnym elementem są działania wynikające z oczekiwań użytkowników co do poprawy parametrów funkcjonalno-użytkowych z uwzględnieniem aktualnych standardów (m.in. wielkości pomieszczeń, wentylacji).

Szczególnym przypadkiem są mieszkania na ostatniej kondygnacji budynku wielkopłytowego. Ze względu na swoje usytuowanie w bryle obiektu lokale te są bardziej wystawione na działania klimatu zewnętrznego (większe straty ciepła przez ściany zewnętrzne i stropodach zimą oraz duże zyski ciepła latem). Na ostatnich kondygnacjach często pojawiają się też zakłócenia w prawidłowej pracy wentylacji – najczęściej grawitacyjnej. Na proces wentylacji składają się dwa podstawowe elementy – nawiew i wywiew. Na skuteczność wentylacji grawitacyjnej istotnie wpływa architektura budynku, w tym rozmieszczenie i budowa kanałów wywiewnych oraz nawiewników. W celu poprawnego działania wentylacji konieczne jest zapewnienie właściwego dopływu powietrza do poszczególnych pomieszczeń. Skuteczność działania kanałów wywiewnych zależy od zmien-



Fot. 1. Wlot wentylacji w pokoju z aneksem kuchennym



Fot. 2. Widok mechanizmu wentylacji mechanicznej od strony dachu

nych warunków naturalnych oraz wymiarów kanałów (wielkości pola przekroju i długości) [8]. W przypadku mieszkań na ostatniej kondygnacji, ze względu na zbyt niski komin (niewystarczającą długość przewodu kominowego), sprawność wentylacji grawitacyjnej może spaść nawet do zera. Alternatywą w takich przypadkach jest wprowadzenie wentylacji hybrydowej wykorzystującej zalety wentylacji naturalnej i mechanicznej.

Skuteczność działania wentylacji

Przeprowadzono analizę skuteczności działania wentylacji (pomiaru prędkości przepływu powietrza) oraz pomiaru hałasu w wybranym mieszkaniu znajdującym się na ostatnim piętrze w 11-kondygnacyjnym budynku wykonanym w technologii przemysłowej.

W przedmiotowy budynek jest wbudowany system wentylacyjny wyposażony w kanały zbiorcze żelbetowe typu „WK-70”. System ten wyposażony jest również w przykanaliki łączące poszczególne pomieszczenia sanitarne (kuchnie, łazienki, WC) z kanałem zbiorczym. Opisywane mieszkanie posiada indywidualny przykanalik o wymiarach 120 x 120 mm. Takie systemy znane są z niskich budynków i były stosowane głównie dla zbiorczych systemów wentylacji grawitacyjnej. W omawianym budynku pierwotnie występowała tylko wentylacja grawitacyjna, która aktualnie jest wspomagana przez zainstalowaną wentylację mechaniczną (fot. 1. i 2.). W przedmiotowym mieszkaniu, w późniejszym czasie, dokonano też zmian układu pomieszczeń, wyburzając ścianę pomiędzy kuchnią a pokojem dziennym [3].

Podstawowe wymagania dotyczące wentylacji w budynkach mieszkalnych określono w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [7], a bardziej szczegółowo m.in. w normie PN83/B03430 ze zmianą AZ3 z 2000 r. [6].

Jednym z pierwszych wymagań normy jest minimalny strumień objętości powietrza usuwanego z poszczególnych pomieszczeń, który niezależnie od rodzaju wentylacji powinien wynosić min.:

- dla kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchnię elektryczną, w mieszkaniu do 3 osób – 30 m³/h i w mieszkaniu dla więcej niż 3 osób – 50 m³/h;
- dla łazienki (z ustępem lub bez) – 50 m³/h;
- dla oddzielnego ustępu – 30 m³/h;
- dla pomocniczego pomieszczenia bezokiennego (np. garderoby) – 15 m³/h.

W normie zaznaczono też, że w budynkach o wysokości do 9 kondygnacji może być stosowana wentylacja grawitacyjna lub mechaniczna, natomiast w budynkach wyższych należy stosować wentylację mechaniczną działającą w sposób ciągły przez całą dobę.

Pomiary skuteczności działania wentylacji

W celu sprawdzenia skuteczności działania wentylacji w mieszkaniu wykonano kontrolne pomiary zrealizowane za pomocą anemometru. Pomiary przeprowadzono dwukrotnie w pomieszczeniach kuchni i łazienki – przy braku kratki wentylacyjnej (sytuacja I) i z kratką wentylacyjną (sytuacja II).

Na podstawie analizy uzyskanych wyników pomiarów stwierdzono:

- a) W pomieszczeniu pokoju z aneksem kuchennym zmierzony strumień przepływającego powietrza wyniósł $V=136$ m³/h dla sytuacji I i $V=39$ m³/h dla II. W mieszkaniu wymiana powietrza jest zgodna z założeniami normy. Założona kratka wentylacyjna w kuchni posiada automatyczną regulację ilości powietrza uzależnioną od poziomu wilgotności względnej w pomieszczeniu. Kratka jest przeznaczona do systemu wentylacji mechanicznej i spełnia swoje zadanie.
- b) W pomieszczeniu łazienki zmierzona wydajność na kratce jest zgodna z założeniami

normy i wyniosła dla obu sytuacji $V=47$ m³/h, jednakże brak łącznika powoduje niekontrolowane zasysanie powietrza z szachtu.

- c) W mieszkaniu jest zainstalowany jeden nawiewnik doprowadzający powietrze do mieszkania.
- d) Zgodnie z tabelą z § 134 Rozporządzenia [7] obliczeniowa temperatura w pomieszczeniach mieszkalnych powinna wynosić 20°C, natomiast w łazience – 24°C. W omawianym mieszkaniu mierzona temperatura była niższa od temperatury obliczeniowej przyjmowanej w pomieszczeniach mieszkalnych i wynosiła 19°C w kuchni oraz 21°C w łazience (pomiar przeprowadzono w ziemie).

Nowy problem – poziom hałasu

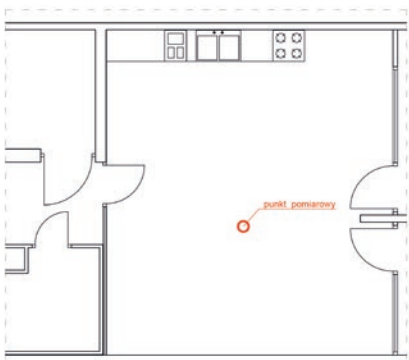
Wprowadzenie rozwiązania poprawiającego mikroklimat wnętrza poskutkowało pogorszeniem stanu ochrony akustycznej lokalu mieszkalnego. Ze względu na konstrukcję budynku i jego system wentylacji z kanałami systemu typu „WK-70” pomieszczenie kuchenne usytuowane w bliskiej odległości od wentylatora (zlokalizowanego na dachu budynku i stanowiącego element wentylacji mechanicznej) zostało narażone na hałas generowany przez ten wentylator oraz prędkość przepływającego powietrza. Subiektywne odczucie dyskomfortu osób zamieszkujących lokal, związane z hałasem generowanym przez znajdujący się w kuchni kanał wylotowy powietrza wentylacyjnego, stało się przyczyną podjęcia pomiarów i analiz mających na celu określenie poziomu hałasu.

Zgodnie z zapisem punktu § 326 Rozporządzenia [7] „Poziom hałasu oraz drgań przenikających do pomieszczeń w budynkach mieszkalnych, budynkach zamieszkania zbiorowego i budynkach użyteczności publicznej, z wyłączeniem budynków, dla których konieczne jest spełnienie szczególnych wymagań ochrony przed hałasem





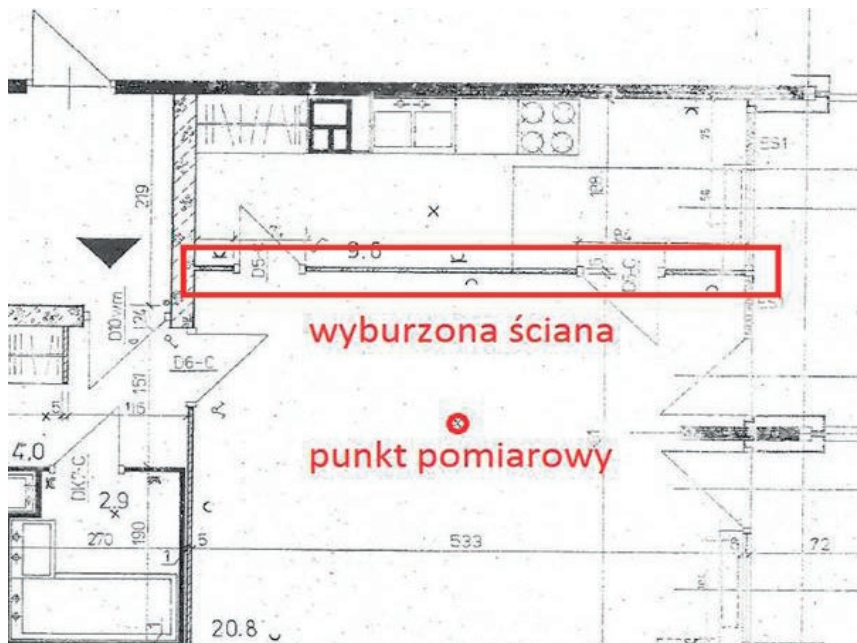
Fot. 3. Pomiar poziomu hałasu w pokoju z aneksem kuchennym



Fot. 5. Pomieszczenie – punkt pomiarowy

sem, nie może przekraczać wartości dopuszczalnych, określonych w Polskich Normach dotyczących ochrony przed hałasem pomieszczeń w budynkach”. Rozporządzenie [7] przywołuje w tym zakresie normę PN-B-02151-02:1987 [4], w której zestawiono dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach. Równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia, od wszystkich źródeł hałasu usytuowanych poza tym pomieszczeniem oraz od wyposażenia technicznego budynku, przedstawiono w tabeli 2.

Zgodnie z normą [4] w celu określenia dopuszczalnych wartości poziomu dźwięku A podanych w tabeli 1. jako czas oceny T należy przyjmować nieprzerwanie 8 najniekorzystniejszych godzin w ciągu dnia, pomiędzy godziną 6.00 a 22.00 i nieprzerwanie 1/2 godziny w ciągu nocy między 22.00 a 6.00.



Fot. 4. Przekrój przez omawiane pomieszczenie

Tabela 1. Równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wszystkich źródeł hałasu usytuowanych poza tym pomieszczeniem oraz od wyposażenia technicznego budynku, w dB wg normy [4]

Lp	Przeznaczenie pomieszczenia	Dopuszczalny równoważny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wszystkich źródeł hałasu łącznie L_{Aeq} , dB		Dopuszczalny poziom dźwięku A hałasu przenikającego do pomieszczenia od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza budynkiem			
		w dzień	w nocy	Średni poziom dźwięku A, (L_{Am}) (przy hałasie ustalonym ¹⁾ lub równoważny poziom dźwięku A, (L_{Aeq}) przy hałasie nieustalonym ²⁾ , dB		Maksymalny poziom dźwięku A, (L_{Amx}) przy hałasie nieustalonym ²⁾ , dB	
				w dzień	w nocy	w dzień	w nocy
1	Pomieszczenia mieszkalne w budynkach mieszkalnych	40	30	35	25	40	30
2	Kuchnie i pomieszczenia sanitarne w mieszkaniach	45	40	40	40	45	45

1) np. pochodzącymi od centralnego ogrzewania, wentylacji, stacji transformatorowych
 2) np. pochodzący od urządzeń dźwigowych, ze zsyków śmieciowych
 — Kolorem czerwonym zaznaczono zakres wymagań adekwatny dla rozpatrywanego przypadku.

Pomiary hałasu

Pomiary hałasu przenikającego do pomieszczenia mieszkalnego od źródła w postaci wentylatora stanowiącego wyposażenie techniczne budynku przeprowadzono zgodnie z wymaganiami normy PN-B-02156:1987 [5]. W tym miejscu należy zaznaczyć, że obie normy [4, 5] zostały zastąpione przez nowe arkusze, jednak ze względu na fakt, że w dalszym ciągu widnieją w wykazie polskich norm powołanych w rozporządzeniu [7], ich stosowanie należy uznać za obligatoryjne aż do momentu ukazania się znowelizowanej zawartości załącznika nr 1.

W czasie pomiaru poziomu emisji dźwięku był ustabilizowany, a mierzony poziom dźwięku nie zmienił się o więcej niż 5 dB. W związku z powyższym generowany hałas zakwalifikowano jako ustalony. Ze względu na niewielką kubaturę pomieszczenia

oraz ograniczenia związane z jego umeblowaniem liczbę punktów pomiarowych ograniczono do jednego (pkt. 4.2.3. normy [4]). W celu potwierdzenia ustalonego poziomu hałasu pomiary wykonano metodą próbkowania, realizując dla każdego z opisanych poniżej cykli pomiarowych 3 pomiary poziomu dźwięku A, z których każdy trwał po 3 minuty.

Zakres pomiarów obejmował:

- pomiary hałasu w pokoju z kuchnią, w porze dziennej, z założoną kratką wentylacyjną na kanale wywiewnym i przy włączonej wentylacji mechanicznej (cykl pomiarowy nr 1);
- pomiary hałasu w pokoju z kuchnią, w porze dziennej, ze zdemontowaną kratką wentylacyjną na kanale wywiewnym i przy włączonej wentylacji mechanicznej (cykl pomiarowy nr 2);

- pomiary tła akustycznego w pokoju z kuchnią, w porze dziennej, przy wyłączonej wentylacji mechanicznej (cykl pomiarowy nr 3).

Zgodnie z wymaganiami zawartymi w normie [5] pomiary wykonano:

- przy zamkniętych drzwiach i oknach;
- przy obecności maksymalnie 2 osób;
- przy wyłączeniu wszystkich pozostałych źródeł hałasu;
- w pomieszczeniuumeblowanym zgodnie z jego przeznaczeniem;
- przy usytuowaniu punktu pomiarowego zgodnie z wymaganiami normowymi (liczbę punktów ograniczono do jednego ze względu na ograniczenia związane z wymiarami pomieszczenia i umeblowaniem).

Pomiary wykonywano za pomocą zestawu pomiarowego klasy 1, posiadającego aktualne świadectwo wzorcowania. Zestaw składał się z następujących elementów:

- miernika i analizatora poziomu dźwięku;
- przedwzmacniacza mikrofonowego;
- mikrofonu;
- kalibratora akustycznego;
- oprzyrządowania dodatkowego: osłony przeciwwietrznej, okablowania, statywu.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników pomiarów stwierdzono:

- a) Dla sytuacji pomiarowej 1. zmierzony średni poziom dźwięku A hałasu przenikającego do wnętrza pomieszczenia, uśredniony z trzech pomiarów, wyniósł $L_{A_{sr}} = 33,3$ dB. Po uwzględnieniu poziomu tła akustycznego wynoszącego $L_{At} = 23,3$ dB obliczony średni poziom dźwięku A hałasu przenikającego do wnętrza od źródeł zewnętrznych wyniósł $L_{Am} = 32,8$ dB. Przyjmując poziom dopuszczalnego hałasu w ciągu dnia równy 35 dB, czyli stosowny dla pomieszczenia mieszkalnego (tab. 1.), należy stwierdzić, że nie został on przekroczony.
- b) Przyjmując wynik pomiaru hałasu zarejestrowany w ciągu dnia jako adekwatny dla pory nocnej oraz przyjmując dla pomieszczenia mieszkalnego poziom dopuszczalnego hałasu w ciągu nocy równy 25 dB (tab. 1.), należy stwierdzić, że poziom dopuszczalnego hałasu zostanie przekroczony o 7,8 dB. Stwierdzenie jest właściwe jedynie przy założeniu, że praca wentylacji nie zmienia się w ciągu doby i emisja hałasu od wentylatora do pomieszczenia w nocy jest taka sama jak w ciągu dnia.
- c) Dla hipotetycznej sytuacji, w której kuchnia jest oddzielona od pokoju ścianą działową, wymagania dotyczące poziomu dopuszczalnego hałasu w ciągu dnia są równe wymaganiom w ciągu nocy i wynoszą 40 dB (tab. 1.). Dla takiej sytuacji, przy wielkościach poziomu hałasu zarejestrowanego podczas pomiaru, poziom dopuszczalnego hałasu nie zostałby przekroczony.

- d) Dla sytuacji pomiarowej 2. (zdemontowana kratka wentylacyjna na kanale wywiewnym) pomiary wykazały zwiększenie średniego poziomu hałasu L_{Am} pomieszczeniu w stosunku do sytuacji pomiarowej 1. o 3,6 dB do wartości 36,4 dB.

Wnioski i podsumowanie

Działania modernizacyjne powinny być wynikiem szczegółowych badań i analiz w kontekście niepogarszania mikroklimatu wewnątrz.

W wyniku przeprowadzonych badań i analiz dla wybranego budynku wielkopłytowego sformułowano wnioski i zalecenia.

- a) Pomiary pod kątem oceny skuteczności działania wentylacji wykazały, że wymiana powietrza w mieszkaniu jest zgodna z założeniami normy. W celu zbilansowania ilości powietrza usuwanego należy zamontować dodatkowe dwa nawiewniki. W celu wyregulowania ilości powietrza w całym pionie wentylacyjnym należałoby zadbać o to, aby wszystkie połączenia pomiędzy kratkami a kanałem posiadały szczelne łączniki, a kratki wentylacyjne były przeznaczone do wentylacji mechanicznej i posiadały automatyczną regulację powietrza wentylacyjnego.

- b) Pomiary pod kątem określenia poziomu hałasu od wentylacji w mieszkaniu uwiaryściły nieprawidłowości. Dominujące źródło hałasu w pomieszczeniu stanowi praca wentylatora będącego elementem wentylacji mechanicznej, zlokalizowanego na dachu budynku. Generowany hałas dobiega przez kanał wywiewny wyposażony w kratkę wentylacyjną. W celu podwyższenia komfortu akustycznego:

- należałoby sprawdzić poprawność pracy zainstalowanego regulatora napięcia;
- w celu redukcji poziomu ciśnienia akustycznego emitowanego do kanału wentylacyjnego konieczne jest wydłużenie podstawy dachowej tak, aby możliwe było zamontowanie na kanale tłumika akustycznego;
- doboru tłumika należy dokonać po uprzednim wykonaniu pomiarów widma hałasu w pasmach częstotliwości o szerokości 1/3 oktawy lub oktawy, tak aby określić możliwość redukcji poziomu hałasu w pomieszczeniu do wartości dopuszczalnych wg normy [4], przy uwzględnieniu tłumienia konkretnego modelu tłumika oraz biorąc pod uwagę spadek ciśnienia w kanale wentylacyjnym;
- w celu wyregulowania ciśnienia przed kratką wentylacyjną konieczne jest założenie kryzy dławiącej przepływ lub regulatora przepływu w podstawie dachowej na podejściu do przykanalika komina.

Artykuł naukowy opublikowany w ramach projektu „Wsparcie dla czasopism naukowych” dofinansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (202/WNC2019/1).

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA
Krause Paweł, Dulak Leszek, Pokorska-Silva Iwona, 2019, Wentylacja a komfort użytkownika, Builder 269 (12).
DOI: 10.5604/01.3001.0013.5555

Bibliografia

- [1] Dobrucki A.R., Znaczenie, podstawowe problemy i założenia dalszej renowacji budownictwa wielkopłytowego, „Inżynier budownictwa”, nr 1, 2015 s. 48-53.
- [2] Krause P., Elementy komfortu użytkownika w ocieplonych budynkach, „Izolacje”, nr 5, 2018.
- [3] Materiały archiwalne STEKRA: www.stekra.pl.
- [4] PN-B-02151-02:1987 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach – Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [5] PN-B-02156:1987 Akustyka budowlana – Metody pomiaru poziomu dźwięku A w budynkach.
- [6] PN83/B03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania (wraz ze zmianą PN-83/B-03430/Az3:2000).
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2015 poz. 1422 wraz z późniejszymi zmianami).
- [8] Stowarzyszenie Polska Wentylacja: www.wentylacja.org.pl.
- [9] Szulc J., Techniczne możliwości modernizacji budynków z wielkiej płyty, „Izolacje”, nr 2, 2018.
- [10] Ustawa Prawo budowlane (Dz.U. z dn. 6.07.2017, poz. 1332).

Streszczenie: Wentylacja a komfort użytkownika. W artykule opisano wpływ wprowadzonego rozwiązania poprawiającego mikroklimat wnętrza na stan ochrony akustycznej lokalu mieszkalnego znajdującego się na ostatnim piętrze budynku wykonanego w technologii uprzemysłowionej. W mieszkaniu przeprowadzono pomiary oceny skuteczności wentylacji oraz pomiary poziomu hałasu spowodowanego jej działaniem. W artykule przedstawiono odnotowane nieprawidłowości oraz propozycje prac mających na celu osiągnięcie poprawy komfortu akustycznego w mieszkaniu.

Słowa kluczowe: wentylacja, mikroklimat wnętrza, wentylator, ochrona akustyczna, poziom hałasu, budownictwo wielkopłytowe

Abstract: The impact of solutions improving the microclimate of interiors on the state of acoustic protection of residential dwelling. The article describes the impact of the introduced solution improving the microclimate of interior on the state of acoustic protection of residential dwelling located on the top floor of a building made in industrialized technology. Measurements were carried out to check the effectiveness of ventilation and to determine the noise level in the apartment, in the aspect of this ventilation. The article presents irregularities and proposals to achieve acoustic comfort in the flat.

Keywords: ventilation, microclimate of interior, ventilator, acoustic protection, noise level, multi-panel construction