



dr inż. ANNA KACZMARSKA
 doc. dr inż. DANUTA AUGUSTYŃSKA
 dr inż. WITOLD MIKULSKI
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy

Hałas w pomieszczeniach biurowych – metody ograniczania

Hałas w pomieszczeniach biurowych może być przyczyną braku koncentracji, zmieniać czujność pracownika oraz zmniejszać wydajność pracy. Praca umysłowa wymagająca koncentracji, zbieranie informacji, czy procesy analityczne wydają się być szczególnie wrażliwe na hałas. W artykule przedstawiono wyniki badań hałasu na stanowiskach pracy biurowej oraz proponowane metody ograniczania tego czynnika.

Methods of reducing noise in offices

Noise in offices can distract and it can affect psychophysiological reactions. Noise can change an individual's alertness and can decrease work efficiency. Mental activities involving concentration, information gathering and analytical processes appear to be particularly sensitive to noise.

This paper presents results of investigations of noise at office workplaces and methods of noise reduction in those workplaces.

Wprowadzenie

Hałas jest jednym z czynników uciążliwych występujących w środowisku pracy w pomieszczeniach biurowych [1]. Na ogół różni się on znacznie od hałasu występującego w przemyśle. Jego poziomy są zwykle niższe od wartości dopuszczalnej określonej ze względu na ochronę słuchu (85 dB). W tym przypadku nie rozpatruje się na ogół możliwości uszkodzenia słuchu w wyniku ekspozycji zawodowej na hałas, lecz zwraca się uwagę na pozasłuchowe skutki działania, w tym wpływ hałasu na samopoczucie, jakość i wydajność pracy. Hałas występujący na stanowiskach pracy biurowej może powodować rozproszenie uwagi, uczucie nadmiernego zmęczenia i stres, co w konsekwencji ma wpływ na jakość i wydajność pracy umysłowej wymagającej koncentracji uwagi [2, 3, 4].

Występujące źródła hałasu w pomieszczeniach biurowych można podzielić na cztery kategorie:

- **działanie człowieka**, tj. odgłosy powodowane przez poruszających się ludzi, np. odgłos kroków, trzaskanie drzwiami, odgłosy rozmów, rozmowy telefoniczne, w tym przez telefony głośnomówiące – hałas ten jest związany zarówno z działalnością współpracowników, jak również klientów i interesantów odwiedzających biuro

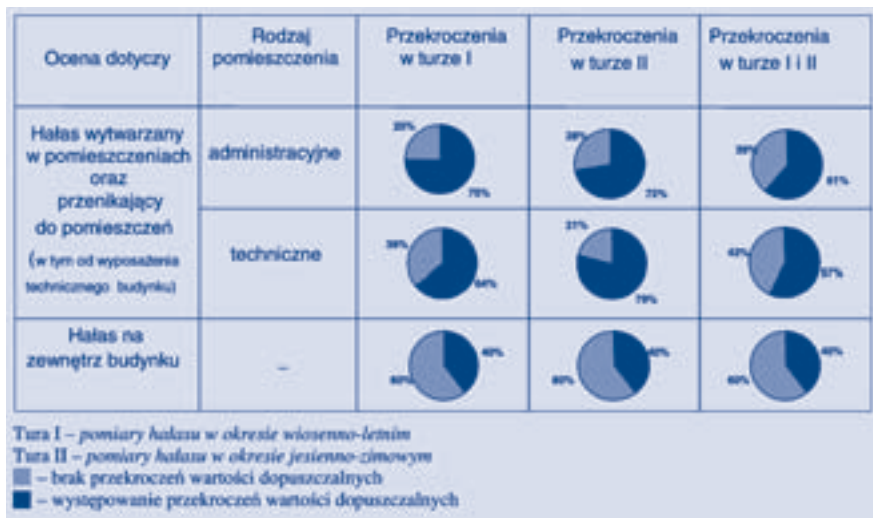
- **urządzenia biurowe**, np. komputery, koparki, drukarki, faksy, dzwoniące telefony, urządzenia sieciowe – hałas ten jest ciągle znaczący, mimo że nowoczesne urządzenia biurowe pracują coraz ciszej, ponieważ gwałtownie wzrasta liczba wykorzystywanych urządzeń

- **instalacje w budynku**, np. instalacje wentylacyjne, grzewcze, klimatyzacyjne, hydrauliczne – za szczególnie dokuczliwy jest najczęściej uważany hałas systemów wentylacyjnych

- **dźwięki z zewnątrz**, np. odgłosy sąsiednich placów budowy, pracujących zakładów przemysłowych, przejeżdżających pociągów, przelatujących samolotów czy ruchu ulicznego, który jest uważany za najbardziej powszechne źródło hałasu zewnętrznego.

W znacznej liczbie badanych pomieszczeń (ok. 70%) stwierdzono występowanie przekroczeń wartości dopuszczalnych

hałasu przenikającego do pomieszczeń przeznaczonych do przebywania ludzi w budynkach użyteczności publicznej (w tym do pomieszczeń administracyjnych i przeznaczonych do pracy umysłowej) od wszystkich źródeł łącznie (od wyposażenia technicznego budynku oraz innych urządzeń w budynku i poza nim) określonych w Polskiej Normie PN-87/B-02151/02 [5]. Przekroczenia te występowały w większości przypadków stale, stwierdzono je bowiem w dwóch turach pomiarowych, zarówno w okresie wiosenno-letnim jak i jesienno-zimowym. Problem uciążliwości hałasu pochodzącego



Rys. 1. Wyniki badań hałasu w pomieszczeniach biurowych

Fig. 1. Comparison of results of investigations of noise in offices

go od wyposażenia technicznego budynku (np. od systemu klimatyzacji, dźwigów osobowych, urządzeń rozsyłania sieci informatycznej itp.) dotyczył nawet najnowszych budynków biurowych.

W przypadku hałasu zewnętrznego (pochodzącego od ruchu ulicznego) występowanie przekroczeń wartości dopuszczalnych (określonych w rozporządzeniu ministra ochrony środowiska, zasobów naturalnych i leśnictwa [4]) stwierdzono w odniesieniu tylko do dwóch budynków (badano 5 budynków) zlokalizowanych przy bardzo ruchliwych ulicach. Wyniki omawianych badań przedstawiono na rys. 1. (str. 11.).

Metody ograniczania hałasu w pomieszczeniach biurowych

Hałas w pomieszczeniach biurowych można ograniczyć przez zastosowanie środków technicznych, bądź organizacyjno-administracyjnych.

Techniczne środki ograniczania hałasu w środowisku pracy w pomieszczeniach biurowych obejmują [6, 7]:

- ograniczenie emisji hałasu przez źródła (tj. ograniczenie hałasu u źródeł jego powstawania)

- ograniczenie transmisji hałasu, tj. ograniczenie energii wibroakustycznej na drogach jej przenoszenia

- ograniczenie emisji hałasu (tj. hałasu docierającego do określonych obszarów pomieszczeń biurowych oraz na określone stanowiska pracy).

Środki organizacyjno-administracyjne obejmują np. stosowanie przerw i ograniczenie czasu pracy, tworzenie oaz ciszy i wydzielanie pomieszczeń i obszarów do prac koncepcyjnych od pomieszczeń zawierających źródła hałasu.

Zalecenia techniczne – metody i środki ograniczania transmisji i emisji hałasu

Przegrody i elementy budowlane – zabezpieczenia budowlano-konstrukcyjne

W zależności od przeznaczenia i lokalizacji pomieszczeń biurowych niektóre z nich (np. pomieszczenia ciche do prac koncepcyjnych, pomieszczenia do prowadzenia rozmów poufnych, pokoje wy-

poczynkowe, pomieszczenia przyległe do pomieszczeń technicznych, wyposażenia instalacyjnego budynku) powinny mieć przegrody (ściany i stropy) o zwiększonej izolacyjności akustycznej.

Stropy i podłogi pomiędzy kondygnacjami biurowymi, zazwyczaj o grubości 20 cm [9] z podłogą „pływającą” lub odpowiednią wykładziną dywanową mają izolacyjność wystarczającą i eliminują przenikanie hałasów pochodzących od kroków z kondygnacji na kondygnację.

Starannego zabezpieczenia, zarówno jeśli chodzi o hałas jak również o drgania, wymagają natomiast stropy i podłogi pomiędzy kondygnacją techniczną a pomieszczeniami biurowymi. Podłogi w pomieszczeniach technicznych powinny być „pływające” typu ciężkiego, tzn. płyta dociskowa, żelbetowa grubości min. 6-8 cm dylatowana od konstrukcji budynku, umieszczona na warstwie materiału izolacyjnego z tworzyw gumopochodnych.

Fundamenty pomp powinny być wydylatowane i umieszczone na wibroizolatorach. Wszelkie podpory i zawiesia instalacji wodnych i chłodniczych powinny być przy połączeniu z podłogą, ścianami lub stropem pomieszczenia – zabezpieczone dobranymi wibroizolatorami.

W przypadku lokalizacji budynku biurowego w miejscu występowania znacznego hałasu zewnętrznego, np. w pobliżu ruchliwej trasy komunikacyjnej, celowe jest zastosowanie okien o odpowiedniej (zwiększonej) izolacyjności akustycznej z uwzględnieniem wymogów dotyczących wentylacji pomieszczeń (właściwa izolacja akustyczna otworów wentylacyjnych, stosowanie np. nawiewników tłumiących hałas).

Właściwa przestrzeń lokalizacja źródeł dźwięku

Właściwe przestrzennie ustawienie urządzeń biurowych może istotnie wpłynąć na ograniczenie hałasu na stanowiskach pracy. Umieszczenie w pobliżu siebie dwóch źródeł hałasu, jednakowo głośnych, powoduje podwyższenie całkowitego poziomu ciśnienia akustycznego w ich otoczeniu o 3 dB.

W miarę możliwości urządzenia i procesy pracy emitujące znaczny hałas powinny być oddzielone od cichszych urządzeń i operacji. Można to zrealizować przez umieszczenie hałaśliwych urządzeń lub

operacji w oddzielnych pomieszczeniach lub przez ich oddzielenie za pomocą przegród lub ekranów akustycznych (np. urządzenia rozsyłania sieci informatycznej, tzw. szafy krosownicze lub serwery powinny być umieszczane najlepiej w oddzielnych pomieszczeniach technicznych, natomiast transformatory w oddzielnych obiektach, poza budynkiem biurowym), ponadto, bardziej hałaśliwe procesy i operacje pracy (np. drukarnie, powielarnie, obsługa klientów i interesantów, informatorium, infolinia, pomieszczenia wypożyczalni i spedycji) można umieścić w innych częściach budynku, np. na innych piętrach, niż pomieszczenia przeznaczone do cichej pracy koncepcyjnej. Kiedy znaczna liczba hałaśliwych urządzeń biurowych jest zgromadzona w jednym pomieszczeniu poziom ciśnienia akustycznego wzrasta tam tylko o kilka decybeli. Ten wzrost można skompensować przez odpowiednią adaptację akustyczną powierzchni pomieszczenia.

Narażenie na hałas można ograniczyć, zwiększając odległości między źródłem hałasu a stanowiskiem pracy. Tam gdzie jest to możliwe, skuteczne okazuje się umieszczenie operatorów maszyn i urządzeń w pewnej odległości od źródła hałasu, w kabinach dźwiękoszczelnych (dotyczy to np. obsługi linii drukarskich często występujących w budynkach biurowych).

Obudowy dźwiękochłonne-izolacyjne

Wyciszenie źródła hałasu można osiągnąć przez obudowanie całości lub części hałaśliwego urządzenia (dotyczy to głównie np. urządzeń instalacji wentylacyjnych, grzewczych, hydraulicznych, urządzeń sieci informatycznej, np. szaf krosowniczych, urządzeń instalacji dźwigowych). Obudowy dźwiękochłonne-izolacyjne powinny możliwie najskuteczniej tłumić fale dźwiękowe emitowane przez źródło, przy czym nie powinny stanowić przeszkody w normalnej pracy, obsłudze i kontroli zamkniętych w nich urządzeń. Typowe, najczęściej stosowane obudowy mają ścianki dźwiękochłonne-izolacyjne wykonane z materiałów izolacyjnych wyłożone od wewnątrz masami tłumiącymi lub materiałami dźwiękochłonnymi. Bywają również stosowane obudowy o ściankach wielowarstwowych. Skuteczność prawidłowo wykonanych obudów wynosi 10 – 25 dB. Skuteczność obudowy częściowej jest znacznie mniejsza i wynosi ok. 5 dB.

Konieczne jest zastosowanie w otworze wentylacyjnym odpowiedniego tłumika akustycznego, np. w postaci kanału wyłożonego materiałem dźwiękochłonnym. Na zmniejszenie skuteczności obudowy mogą mieć również wpływ nieszczelne połączenia jej elementów.

Tłumiki akustyczne

W różnego rodzaju urządzeniach technicznych, np. w instalacjach wentylacyjnych występujących w budynkach biurowych są stosowane tłumiki akustyczne. Podstawowym zadaniem tych tłumików jest zmniejszenie energii fal akustycznych przenoszących się wzdłuż osi przewodów, przez które przepływa powietrze.

Najczęściej w instalacjach wentylacyjnych stosuje się tłumiki zawierające materiał dźwiękochłonny. Są one skuteczne w przypadku dźwięków o średnich i wysokich częstotliwościach.

Przy wyborze rodzaju tłumika istotna jest znajomość widma hałasu, który ma być tłumiony oraz takich warunków stosowania tłumików, jak: obecność pyłu, wilgoci i czynników korodujących, przepływ masy, ciśnienie, temperatura, dopuszczalny spadek ciśnienia.

W praktyce skuteczność tłumików wynosi 10 – 20 dB. Można też osiągnąć większe wartości. Oprócz tradycyjnych tłumików absorpcyjnych stosuje się w pewnych przypadkach, aktywne systemy redukcji hałasu [8].

Ekran dźwiękochłonna-izolacyjny

Ekran dźwiękochłonna-izolacyjny stosuje się w pomieszczeniach biurowych jako osłonę danego stanowiska pracy w celu tłumienia hałasu emitowanego przez inne stanowiska pracy biurowej, maszyny i urządzenia oraz w celu tłumienia hałasu emitowanego z danego stanowiska na zewnątrz (najczęściej w pomieszczeniach wieloosobowych, w otwartych przestrzeniach biurowych lub w pomieszczeniach technicznych występujących w budynkach biurowych). W celu uzyskania maksymalnej skuteczności, ekran należy umieścić jak najbliżej źródła hałasu lub stanowiska pracy.

Zasadniczymi elementami ekranu są: warstwa izolacyjna w środku oraz zewnętrzne warstwy dźwiękochłonne.

Jeśli ekran stosuje się w pomieszczeniu zamkniętym, należy go wkomponować w cały układ akustyczny, aby współ-

działał z innymi elementami tłumiącymi energię fal odbitych (materiałami lub urządzeniami dźwiękochłonnymi). Skuteczność poprawnie zastosowanych ekranów dźwiękochłonna-izolacyjnych ocenia się na 5 – 10 dB w odległości ok. 1,5 m za ekranem, na osi prostopadłej do jego powierzchni.

Kabiny dźwiękoizolacyjne

Skutecznym sposobem ochrony pracowników przed hałasem są kabiny dźwiękoizolacyjne (dźwiękoszczelne).

Kabiny dźwiękoizolacyjne są wydzielonymi pomieszczeniami większej przestrzeni pracy o odpowiedniej izolacyjności akustycznej.

Można je stosować w budynkach biurowych jako:

- pomieszczenia dyspozytorni
- pomieszczenia dla dozoru technicznego w hałaśliwych pomieszczeniach pracy, np. drukarniach, powielarniach, serwerowniach
- miejsce wypoczynku dla pracowników
- pomieszczenia do prowadzenia rozmów poufnych.

Adaptacje akustyczne pomieszczeń. Materiały i ustroje dźwiękochłonne

Adaptacja akustyczna pomieszczeń biurowych polega przede wszystkim na zwiększeniu ich chłonności akustycznej, co można osiągnąć przez wprowadzenie do pomieszczeń materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych. Materiały i ustroje dźwiękochłonne, pochłaniając część energii akustycznej padającej na ich powierzchnię, zmniejszają poziom ciśnienia akustycznego w pomieszczeniach. Powodują również zmniejszenie czasu pogłosu. W pomieszczeniach dominują wówczas fale akustyczne biegnące bezpośrednio od źródła hałasu.

Rozmieszczenie materiałów i ustrojów dźwiękochłonnych potrzebnych do wytłumienia pomieszczeń, a także ich ilość, zależy od kształtu, kubatury i przeznaczenia pomieszczenia (materiały i ustroje dźwiękochłonne są stosowane przede wszystkim w takich pomieszczeniach, jak: sale konferencyjne, pomieszczenia ciche np. do prowadzenia rozmów poufnych, otwarte przestrzenie biurowe, korytarze oraz pomieszczenia techniczne).

W pomieszczeniach, gdzie występuje rozproszone pole akustyczne, ustroje



Jarosław Zdumiewski – *Posłuchaj ciszy* – Wyróżnienie w ogólnopolskim konkursie na plakat bezpieczeństwa pracy, „Hałas” 1998

i materiały dźwiękochłonne powinny być równomiernie rozłożone na ścianach i suficie.

W celu uzyskania widocznych efektów obniżenia poziomu hałasu urządzeniami i materiałami dźwiękochłonnymi należy pokryć 50% powierzchni ścian i sufitu pomieszczeń. Stosowanie większych ilości materiałów i ustrojów zwiększa koszty wyciszenia, przy stosunkowo niewielkim zmniejszeniu poziomu ciśnienia akustycznego (3 – 7 dB). W niskich pomieszczeniach, gdzie można pominąć wpływ ścian bocznych, a powierzchnia podłogi jest duża, materiały lub ustroje dźwiękochłonne powinny być rozmieszczone na suficie. Natomiast w pomieszczeniach o kształtach wydłużonych, o stosunku wymiarów liniowych podłogi wynoszącym od 1:5 do 1:6, celowe jest stosowanie ustrojów i materiałów dźwiękochłonnych zarówno na suficie jak i na ścianach.

Jeśli materiałami i urządzeniami dźwiękochłonnymi pokrywa się tylko dwie ściany, powinny to być ściany wzajemnie do siebie prostopadłe, a nie równoległe. Urządzenia i materiały dźwiękochłonne powinny być umieszczone na tych powierzchniach, na których występuje zagęszczenie odbić fal dźwiękowych.

Najczęściej stosowanymi materiałami dźwiękochłonnymi są materiały porowate, do których zalicza się materiały tekstylne, wełny oraz maty z wełny mineralnej

i szklanej, płyty i wyprawy porowate ścian, płyty i maty porowate z tworzyw sztucznych, tworzywa natryskiwane pod ciśnieniem.

Obecnie są dostępne takie gotowe ustroje dźwiękochłonne, jak sufity oraz ścianki działowe, panelowe i osłonowe, które łączą w sobie odpowiednie właściwości akustyczne i wysokie wymagania este-



Rys. 2. Widok pomieszczenia biurowego – sala szkoleniowa z wydzielonymi odrębnymi przestrzeniami do cichej nauki [1]

Fig. 2. Office view – training room with separate space for silent study [1]



Rys. 3. Widok pomieszczenia biurowego – otwarta przestrzeń biurowa z wydzielonymi odrębnymi przestrzeniami do pracy dla poszczególnych stanowisk [3]

Fig. 3. Office view - open space with separate workplaces [3]



Rys. 4. Widok pomieszczenia biurowego – kabina dźwiękoizolacyjna stosowana jako pomieszczenie dla obsługi głośniejszych urządzeń lub pomieszczenie ciche, np. do prowadzenia poufnych rozmów [3]

Fig. 4. Office view – sound-protecting cabin [3]

tyczne, również istotne z punktu widzenia pomieszczeń biurowych.

Oddzielnej uwagi wymagają również podłogi stosowane w pomieszczeniach biurowych.

Podłogi twarde, na przykład drewniane panele podłogowe mogą być źródłem silnych dźwięków uderzeniowych i niepożądanego hałasu.

W pomieszczeniach cichych, np. w pomieszczeniach do prac koncepcyjnych oraz na korytarzach w ich sąsiedztwie zalecane jest stosowanie dźwiękochłonnych wykładzin podłogowych.

Ograniczanie hałasu w pomieszczeniach z komputerami [2]

W budynkach biurowych najbardziej powszechnie są pomieszczenia z komputerami.

Źródła hałasu w pomieszczeniach z komputerami, można podzielić na dwie grupy:

- hałas pochodzący od komputera (głównie od drukarki i wentylatora) oraz urządzeń sieci komputerowej (serwerów i szaf krosowniczych)

- hałas pochodzący od źródeł zewnętrznych, np. środków techniki biurowej (maszyn do pisania, kserokopiarek, telefonów, telefaksów), urządzeń stanowiących wyposażenie techniczne budynku (zwłaszcza systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych) oraz ze źródeł usytuowanych na ze-

wnątrz budynku (głównie ruchu ulicznego i sąsiednich hałaśliwych obiektów).

Według zaleceń normy ISO 9241-6 dotyczącej wymagań ergonomicznych dla stanowisk pracy z komputerami [7], w przypadku wykonywania trudnych i złożonych zadań równoważny poziom dźwięku A nie powinien przekraczać 35-55 dB.

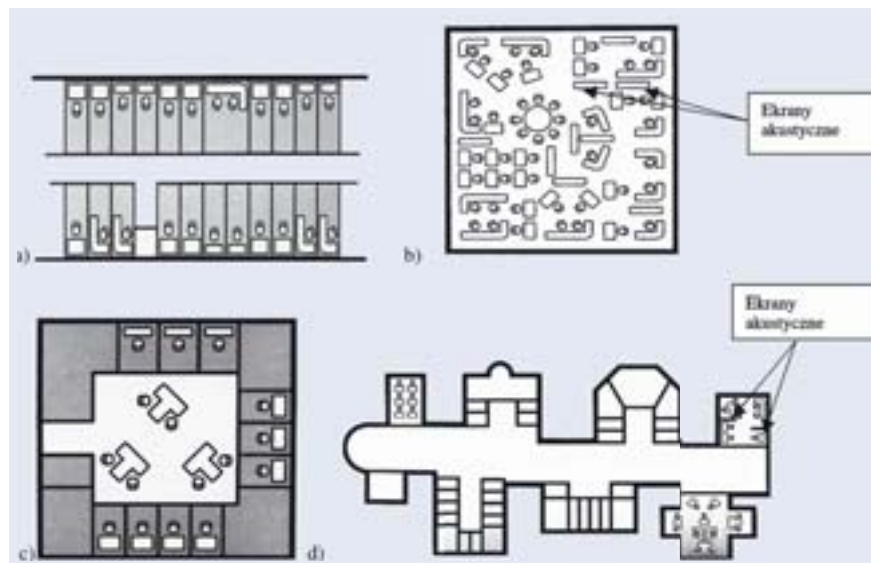
Tabela 1
MAKSYMALNY CZAS POGŁOSU JAKO FUNKCJA OBJĘTOŚCI POMIESZCZENIA [10]

Maximum reverberation time as a function of room volume [10]

Objętość pomieszczenia, m ³	Maksymalny zalecany czas pogłosu	
	komunikacja słowna	cele ogólne
50	–	–
100	0,45	0,8
200	0,6	0,9
500	0,7	1,1
1 000	0,8	1,2
2 000	0,9	1,3

Przy zakupie wyposażenia i urządzeń komputerowych należy zwracać uwagę na informacje dotyczące emisji hałasu podane w dokumentacji technicznej lub deklaracji producenta z wymaganiami norm.

Hałaśliwe urządzenia sieci komputerowej i inne urządzenia emitujące nadmierny hałas należy instalować poza pomieszcze-



Rys. 5. Schematy różnych modeli biur [3]: a) biuro tradycyjne, b) otwarta przestrzeń biurowa, c) biuro o charakterze łączonym, d) biuro zespołowe

Fig. 5. Diagrams of models of offices [3]: a) traditional office, b) open-space office, c) combined office, d) integrated office

niami do pracy umysłowej wymagającej koncentracji uwagi. Należy zapewnić w tych pomieszczeniach odpowiednią izolacyjność akustyczną ścian i przegród (zwłaszcza ścian zewnętrznych – jeśli występuje problem hałasu od źródeł zewnętrznych). Do stworzenia właściwego klimatu akustycznego w pomieszczeniach pracy, w miarę potrzeby, można stosować adaptacje akustyczne ścian i stropu pomieszczenia, kształtując w ten sposób czas pogłosu pomieszczenia zgodnie z wymaganiami normy ISO 9241-6 [10] (tabela 1.).

Przykłady

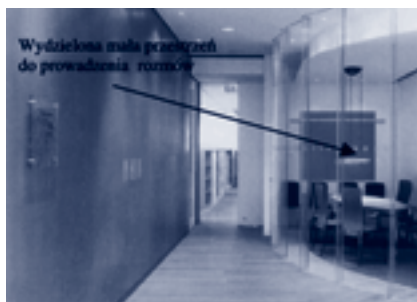
Przykłady rozwiązań dotyczących pomieszczeń i budynków biurowych uwzględniające przedstawione zalecenia w zakresie ograniczania hałasu przedstawiono na rys. 2-9 [1, 3, 6].

Na rys. 5. przedstawiono różne rozwiązania biur, których projekt uwzględnia zróżnicowany charakter prac biurowych oraz hałas jako czynnik uciążliwy. W tym przypadku różnicowaną organizację pracy biura połączono z zastosowaniem ograniczających hałas odpowiednich środków technicznych typu: ekrany akustyczne, przegrody o odpowiedniej izolacyjności akustycznej oraz materiały i ustroje dźwiękochłonne.

Podsumowanie

Zagadnienia akustyczne w budynkach biurowych dotyczą ograniczenia w ich pomieszczeniach wpływu na pracowników hałasu wywołanego przez źródła zlokalizowane wewnątrz i na zewnątrz tych budynków poprzez:

- dobór odpowiednich przegród wewnętrznych (ściany działowe, stropy, drzwi) oraz zewnętrzne (ściany zewnętrzne, okna)
 - zapewnienie cichej pracy instalacji (szczególnie wentylacyjnych i klimatyzacyjnych)
 - stworzenie komfortu akustycznego w pomieszczeniach (szczególnie przeznaczonych do rozmieszczenia wielu stanowisk pracy) przez stosowanie elementów dźwiękochłonnych na sufitach i ścianach.
- Należy jednak pamiętać, że redukcja hałasu jest najbardziej skuteczna na etapie projektowania, budowy i modernizacji budynków biurowych, pomieszczeń i stanowisk pracy [6, 7]. Po wybudowaniu budynku, wykonaniu odpowiednich instalacji technicznych oraz zagospodarowaniu przestrzennym pomieszczeń biurowych, ograniczenie hałasu w czasie jego eksploatacji jest dużo trudniejsze, mało skuteczne i znacznie droższe.



Rys. 6. Widok pomieszczenia biurowego – wydzielona z korytarza przestrzeń do prowadzenia rozmów [3]

Fig. 6. Office view – separate space for conversations [3]



Rys. 7. Widok technicznego pomieszczenia biurowego – drukarni z elementami zabezpieczeń przeciwhałasowych [1]

Fig. 7. Office view – technical room with noise protections [1]

PIŚMIENNICTWO

[1] Jankowska E., Kaczmarska A., Mikulski W. i inni. PCZ 15-21 pt. System kształtowania jakości powietrza w budynkach biurowych (profilaktyka tzw. zespołu chorego budynku). CIOP-PIB, Warszawa 2004 (maszynopis)

[2] Komputerowe stanowisko pracy – aspekty zdrowotne i ergonomiczne. Red. J. Bugajska, CIOP, Warszawa 2003

[3] Russel R. Dźwięk a nowoczesne biuro. Ecophon AB 1998

[4] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 13 maja 1998 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. DzU nr 217, poz. 436

[5] PN-87/B-02151/02:1987 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach

[6] Augustyńska D., Engel Z., Kaczmarska A. i inni Ochrona przed hałasem i drganiami w środowisku pracy. Red. D. Augustyńska, W.M. Zawieska. CIOP, Warszawa 1999

[7] PN-EN ISO 11 690 – 1-2: 2000 Akustyka – Zalecany sposób postępowania przy projektowaniu miejsc pracy o ograniczonym hałasie wyposażonych w maszyny

[8] Engel Z., Makarewicz G., Morzyński L., Zawieska W. Metody aktywne redukcji hałasu. CIOP, Warszawa 2001

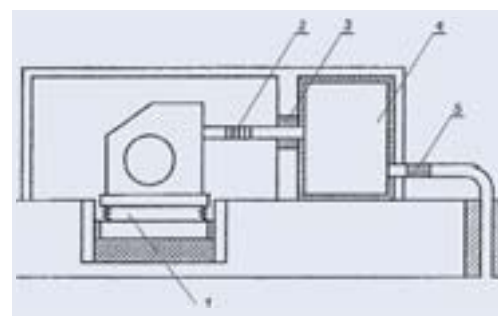
[9] Dodacki J. Szczególne zagadnienia izolacyjności akustycznej w budynkach administracyjnych. Materiały Konferencji Szkoleniowej pt. Ochrona przed hałasem w budownictwie ogólnym – wybrane zagadnienia, ITB Warszawa 2003

[10] ISO 9241-6:1999 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs), Guidance on the work environment



Rys. 8. Przykłady pomieszczeń biurowych, w których zastosowano materiały i ustroje dźwiękochłonne: a) sala konferencyjna, b) sala wykładowa, c) korytarz [3]

Fig. 8. Offices view – rooms were are used sound-absorbing materials [3]



Rys. 9. Schemat właściwie wytłumionego urządzenia wentylacyjnego: 1 – wibroizolacja, 2 – złącze elastyczne, 3 – tuleja elastyczna, 4 – komora pochłaniająca, 5 – tłumik płytowy [6]

Fig. 9. Schematic diagram of ventilating-fan with silencers and vibration dampers [6]

Publikacja opracowana na podstawie wyników badań objętych projektem celowym zamawianym nr 15-21 „System kształtowania jakości powietrza w budynkach biurowych (profilaktyka tzw. zespołu chorego budynku)”