



KONRAD GAUDA

Audiowizualne systemy prezentacji w placówce oświatowej – metodyka projektowania

Audiovisual Presentation Systems in the Educational Institution – Design Methodology

Doktor, Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, Wydział Transportu i Informatyki, Polska

Streszczenie

W artykule poruszona jest problematyka projektowania audiowizualnych systemów prezentacji przeznaczonych przede wszystkim na potrzeby sal dydaktycznych, auli czy sal konferencyjnych. Przedstawiona jest istota adaptacji akustycznej pomieszczenia wraz z zasadami nagłaśniania oraz metodyka obliczeń związanych z doбором systemu projekcji obrazu.

Słowa kluczowe: audiowizualny system prezentacji, multimedia, edukacja, sala dydaktyczna

Abstract

The article discusses the design of audiovisual presentation systems intended primarily for use in classrooms, lecture halls and conference rooms. The essence of acoustic adaptation of a room is presented, along with the rules of sound amplification and calculation methodology related to the selection of an image projection system.

Keywords: audiovisual presentation system, multimedia, education, classroom

Wstęp – pojęcie i struktura audiowizualnych systemów prezentacji (ASP)

ASP są istotnym elementem wyposażenia multimedialnego, zwłaszcza wyposażenia audiowizualnego sal dydaktycznych czy konferencyjnych. W znaczny sposób wzbogacają one tradycyjne metody i techniki prezentacji informacji. Na ASP składają się podstawowe zestawy urządzeń informatycznych współpracujących ze sobą i stanowiących funkcjonalną całość. Ich podstawowym zadaniem jest zapewnienie możliwości przesyłania obrazu i dźwięku nie w tylko w pojedynczej sali, ale także między salami czy nawet odległymi obiektami (Augustyn, 2010; Rudyk, 2012). W skład ASP wchodzi:

1. **System projekcyjny**, na który składa się projektor multimedialny i ekran. System ten pozwala na wyświetlanie na dużym ekranie obrazu pochodzącego ze wszystkich urządzeń źródłowych sygnału wizyjnego.

2. **System urządzeń źródłowych** zapewniający korzystanie z materiałów przygotowanych w dowolnej formie: prezentacji komputerowych, przekazu obrazu i dźwięku w czasie rzeczywistym, teksów i grafiki.

3. **System nagłośnienia** dostosowany do kształtu i wielkości pomieszczenia powinien zapewniać wysokiej klasy dźwięk słyszalny jednakowo w każdym miejscu sali.

4. **System wideokonferencyjny** zapewnia usługi multimedialne także winnych salach, pomiędzy którymi powinna być utrzymana komunikacja. Niezbędnym warunkiem funkcjonalności takiego systemu jest podłączenie obiektów za pośrednictwem **sieci komputerowej**.

5. **System sterowania** umożliwi szybką i uproszczoną obsługę wszystkich użytecznych funkcji (sterowanie np. projektorem multimedialnym i ekranem, urządzeniami źródłowymi obrazu i dźwięku, systemem nagłośnienia czy oświetleniem).

Adaptacja akustyczna sali dydaktycznej

Akustyka wnętrza powinna zapewniać przede wszystkim wysoką zrozumiałość dialogów, gdyż jest to najważniejsza informacja, jaka przenoszona jest przez podsystem audio. Elementy zawarte na ścieżce dźwiękowej powinny również być doskonale lokalizowane podczas odsłuchu, a pole akustyczne tworzone przez głośniki powinno być jak najbardziej rozproszone, aby zapewnić dobry efekt szerszemu gronu odbiorców (Everst, Pohlmann, 2013). Czynniki wpływające na jakość odsłuchu przedstawione są na rysunku 1.



Rysunek 1. Czynniki wpływające na jakość odsłuchu dźwięków

Źródło: opracowanie własne.

Do podstawowych czynników wpływających na odsłuch można zaliczyć:

1. Odbicia fal dźwiękowych od ścian pomieszczenia – fala dźwiękowa rozchodzi się sferycznie i odbija się od ścian, tworząc fale, które ze sobą interferują. Wszelkie odbicia, szczególnie te, których całkowita droga do słuchacza jest

znacznie dłuższa niż droga fali bezpośredniej, są uważane za niekorzystne i powodujące „rozmycie” obrazu akustycznego. Zalecenia odnośnie do usuwania efektów odbić fal dźwiękowych:

- należy rozważyć użycie materiałów ograniczających i tłumiących odbicia fal akustycznych (panele, obicia),
- nie należy umieszczać materiału tłumiącego na całości ściany lub sufitu (spowoduje to zbytne wytłumienie pomieszczenia – obniżenie czasu pogłosu),
- zadowalające efekty otrzymuje się również poprzez wykorzystanie paneli rozpraszających, tzw. dyfuzorów, których zadaniem jest rozproszenie fali dźwiękowej.

2. Echo – efekt odbić fali akustycznej pomiędzy dwiema równoległymi powierzchniami. Zdecydowanie pogarsza odbiór muzyki i głosu, a szczególnie dźwięków o zmiennej dynamice. W przypadku echa stosuje się podobne materiały jak w przypadku odbić. Chociaż tutaj częściej stosuje się materiały dyfuzyjne niż absorpcyjne.

3. Pogłos (czas pogłosu) – zjawisko stopniowego zanikania energii dźwięku po uciśnięciu źródła związane z występowaniem dużej liczby fal odbitych od powierzchni pomieszczenia oraz pochłanianiem fal przez ściany i elementy znajdujące się w pomieszczeniu (Sztekmler, 2009). Pogłos jest określany ilościowo przez czas pogłosu liczony w sekundach. Czas pogłosu definiuje się najczęściej jako czas spadku poziomu ciśnienia akustycznego po wyłączeniu źródła o 60 dB. Tak zdefiniowany czas pogłosu oznacza się symbolem RT60. Czas pogłosu jest parametrem obiektywnym oceny akustycznej wewnątrz, określającym ich chłonność akustyczną. Ustalono eksperymentalnie, że pożądany czas pogłosu dla audycji słownych wynosi 0,2–0,4 s (sale lekcyjne/konferencyjne). Czas pogłosu można orientacyjnie wyznaczyć z następującego wzoru (Sabine’a):

$$TR60 = 0,161V/A,$$

gdzie:

V – objętość pomieszczenia [m^3],

A – chłonność akustyczna [m^2], przy czym: $A = a * S$,

gdzie:

a – współczynnik pochłaniania dźwięku,

S – powierzchnia ograniczająca pomieszczenie,

przy czym:

a dla pomieszczeń niewytłumionych $\leq 0,2$;

a dla pomieszczeń silnie wytłumionych $> 0,2$.

Przykład

Założenia: wymiary sali: 10 x 6 x 3 m; współczynnik pochłaniania dźwięku:

$a = 0,2$

$$V = 10 \times 6 \times 3 = 180 \text{ m}^3$$

$$S = (10 \times 6 + 10 \times 3 + 6 \times 3) \times 2 = 216 \text{ m}^2$$

$$A = 0,2 \times 216 = 43,2$$

$$TR60 = 0,161 \times 180/43,2 = 0,67 \text{ s}$$

4. Efekty brzegowe – powstają w wyniku interakcji kolumn głośnikowych z powierzchniami ograniczającymi pomieszczenie. Zniekształcenia dźwięku są wynikiem tego, że część energii pochodząca z głośnika kumuluje się w narożniku, w którym znajduje się głośnik. Jest to energia, która promieniowana jest do tyłu i na boki w stosunku do głównej osi promieniowania głośnika. W przypadku sal dydaktycznych należy montować głośniki na lub w ścianie, ewentualnie wykorzystać specjalne kolumny narożnikowe (Krajewski, 2010).

5. Fale stojące (mody własne pomieszczenia) kształtują istotnie charakterystykę dźwięku w zakresie niskich częstotliwości: 20–200 Hz. Szczególnie niekorzystny układ powstaje wtedy, gdy jeden z wymiarów pomieszczenia jest prostą wielokrotnością innego (np. szerokość 3m, a długość 6 m), lub jeszcze gorzej, gdy podłoga (sufit) jest kwadratem. W przypadku pomieszczenia o kształcie prostopadłościanu należy wyznaczyć częstotliwości własne zgodnie z uproszczonym wzorem:

$$F = c/2l,$$

gdzie:

F – częstotliwość modu własnego,

c – prędkość dźwięku,

l – wybrany wymiar pomieszczenia.

W przypadku sal dydaktycznych/konferencyjnych, gdzie większość materiału audio stanowi ludzki głos (częstotliwość w zakresie 300 Hz–8 KHz), fale stojące nie wpływają istotnie na pogorszenie odsłuchu.

6. Drgania materiałowe – w każdym pomieszczeniu znajduje się wiele elementów, które pod wpływem ciśnienia akustycznego fali o określonej częstotliwości pobudzone są do drgań (oprawy lamp, kratki wentylacyjne, elementy mebli itp.). Niemniej w przypadku sal dydaktycznych drgania materiałowe nie odgrywają istotnej roli.

7. Hałas zewnętrzny – maksymalny poziom hałasu tła we wnętrzu sali dydaktycznej wyznacza tzw. krzywa NC50 (Noise Control). Źródłem hałasu mogą być przede wszystkim wentylatory i klimatyzatory, dźwięki zewnętrzne (hałas komunikacyjny) oraz dźwięki w samym budynku (rozmowy itp.). Walka z hałasem zewnętrznym jest pewnym kompromisem pomiędzy kosztami, uwarunkowaniami konstrukcyjnymi i dynamiką systemu. Zalecenia w przypadku placówek oświatowych:

- podłogę korytarza należy pokryć wykładziną z warstwą wytłumiającą o grubości co najmniej 12mm (wytłumienie dźwięków stropowych i uderzeniowych, np. kroki, upadające przedmioty),
- wyposażać sale w okna i drzwi dźwiękoszczelne ($R_a = 44$ dB).

Zasady nagłaśniania pomieszczeń

Liczbę głośników w przypadku sal lekcyjnych/konferencyjnych (N) dobiera się na podstawie długości pomieszczenia (L) i ich rozstawu (R):

$$N = L/R$$

przy czym:

$$R = 2 \cdot (H - O) \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

gdzie:

R – rozstaw wynikowy [m],

H – średnia wysokość pomieszczenia [m],

O – wysokość odsłuchu (wysokość osoby siedzącej mierzona od podłoża; przyjmuje się 0,9) [m],

α – kąt rozpraszania głośnika [°].

Ważną rolę w pomieszczeniu odgrywa moc wzmacniacza. Niewystarczająca moc powoduje, że dźwięk traci dynamikę i staje się zbyt cichy. Zbyt duża moc sprawia, że wzmacniacz generuje nadmierną ilość ciepła i konsumpcję energetyczną, a w skrajnym przypadku może doprowadzić do uszkodzenia głośników (Dobrucki, 2007; Krajewski, 2010; Rudyk, 2012).

$$P_{amp} = 10^{0,1 \left[SPL - SPK_{EFF} - 20 \cdot \log\left(\frac{1}{L}\right) \right]}$$

gdzie:

P_{amp} – wymagana moc wzmacniacza [W],

SPL – pożądany poziom ciśnienia akustycznego [dB],

SPL_{EFF} – efektywność głośnika [dB],

L – odległość od głośnika do słuchacza [m].

W obliczeniach mocy wzmacniacza przyjmuje się promieniowanie dla jednego źródła dźwięku.

Przykład

Założenia: 1 źródło dźwięku o efektywności 92 dB; odległość słuchacza od głośnika 440 cm; wymagany poziom ciśnienia akustycznego 80 dB + 20 dB zapas dynamiki.

$$P_{\text{amp}} = 10^{[(100 - 92 - 20\log(1/4.4))/10]} = 122,2\text{W}$$

Minimalna moc wzmacniacza dla danych założeń powinna wynosić zatem 125 W.

Dobór systemu projekcji obrazu

Na proces doboru systemu projekcji obrazu składa się dobór ekranu projekcyjnego oraz dobór samego projektora. Dobór ekranu zależy od wielu czynników (Weems, 2005):

- czy potrzebny jest ekran przenośny, czy ściennie-sufitowy, ręczny czy elektryczny (sterowany za pomocą pilota lub włącznika w ścianie),
- do jakiego celu ma być używany ekran – prezentacje (wykłady/lekcje) czy kino domowe (filmy) (określenie formatu ekranu),
- jaka ma być wielkość ekranu (powierzchnia), aby obraz był czytelny dla odbiorcy,
- jaki będzie stopień zaciemnienia sali (współczynnik GAIN ekranu),
- czy są jakieś ograniczenia techniczne odnośnie do montażu oraz budżet.

Wysokość ekranu projekcyjnego wyznacza się w stosunku do osoby siedzącej w ostatnim rzędzie:

$$H = L_{\text{ost}}/5,$$

gdzie:

H – wysokość ekranu [m],

L_{ost} – odległość do siedziska w ostatnim rzędzie [m].

Szerokość ekranu jest uzależniona od formatu wyświetlanego obrazu:

$$S = 1,33 * H \text{ (format 4:3),}$$

$$S = 1,78 * H \text{ (format 16:9),}$$

gdzie:

S – szerokość ekranu [m].

H – wysokość ekranu [m].

Odległość od pierwszego rzędu powinna wynosić $S * 1,5$. Z kolei dolna krawędź ekranu powinna znajdować się co najmniej 1,5 m od podłogi (www.adeo-screen.pl).

Przy wyborze projektora multimedialnego należy wziąć pod uwagę szereg parametrów mających wpływ na komfortowe użytkowanie systemu. Do głównych można zaliczyć (Weems, 2005):

1. Jasność – jest to jeden z najważniejszych parametrów. Wybór projektora o zbyt małej jasności może spowodować, że prezentacja nie będzie docierać do uczestników spotkania ze względu na słabą czytelność. Przy doborze jasności należy uwzględnić szerokość ekranu uwarunkowaną wielkością sali oraz poziomem jej oświetlenia:

$$L = L_{ref} * A/G,$$

gdzie:

L – jasność projektora [ANSI lumeny],

L_{ref} – jasność referencyjna [fL] (sala dydaktyczna/konferencyjna 20 fL),

A – powierzchnia ekranu [f.kw],

G – współczynnik GAIN ekranu.

Obliczoną jasność projektora powiększa się o około 75% z uwagi na pochłanianie światła przez salę i ekran oraz okresowe zużycie żarówki (Augustyn, 2010).

Przykład

Założenia: minimalna jasność referencyjna projektora $L_{ref} = 20$ fL; współczynnik GAIN ekranu $G = 1.2$; powierzchnia ekranu $A = 129$ f².

$$L = 20 * 129/1.2 = 2150$$

Uwzględniając pochłanianie światła i zużycie żarówki:

$$2150 * 1,75 = 3762 \text{ ANSI lumenów}$$

Zatem jasność projektora dla podanych założeń powinna się mieścić w granicach 3800–4000 ANSI lumenów.

2. Kontrast – współczynnik określający różnicę pomiędzy jasnością najciemniejszego i najjaśniejszego punktu na wyświetlaczu. W przypadku projektorów „dydaktycznych” kontrast powinien się kształtować w granicach 500:1–3000:1.

3. Rozdzielczość/format obrazu – absolutnym standardem w projektorach jest rozdzielczość XGA (1024 x 768 pikseli), niemniej warto rozważyć zakup projektora o rozdzielczości FHD.

Do pozostałych elementów, na które również warto zwrócić uwagę, należy m.in. technologia projekcji – LCD lub DLP. Podstawowe zalety technologii LCD to: możliwość uzyskania „żywszych” kolorów w jaśniejszych pomieszczeniach, mniejszy pobór prądu oraz brak tzw. efektu tęczy. Do wad tego rozwiązania można zaliczyć bardziej widoczne piksele, większe gabaryty oraz mniejszy kontrast i gorszą głębię czerni. W przypadku technologii DLP na plus można zaliczyć bardziej „płynny” obraz i lepszą czerń, natomiast do wad – gorsze nasycenie kolorów (potrzeba większej jasności w przypadku oświetlonych pomieszczeń). Nie bez znaczenia jest też żywotność i cena lampy – jest to istotne, jeżeli chodzi o późniejsze koszty eksploatacji, liczbę i rodzaj złączy czy głośność projektora (poniżej 45 dB).

Podsumowanie

Aby zaprojektować audiowizualny system prezentacji w sali dydaktycznej/konferencyjnej, bardzo istotne jest przeprowadzenie analizy wymagań, przy czym należy dodatkowo uwzględnić szereg działań, a mianowicie:

- przeprowadzić analizę akustyczną pomieszczenia:
 - obliczyć czas pogłosu pomieszczenia (w razie wartości powyżej zalecanych zastanowić się nad możliwościami wytlumienia sali),
 - obliczyć częstotliwości własne pomieszczenia (dla sal dydaktycznych nie zawsze wymagane),
- dobrać system nagłośnienia:
 - obliczyć wymaganą liczbę głośników,
 - obliczyć wymaganą moc wzmacniacza,
 - na podstawie obliczeń dobrać model głośników i wzmacniacza,
- dobrać system projekcji:
 - obliczyć rozmiar ekranu projekcyjnego,
 - obliczyć wymaganą jasność projektora,
 - obliczyć maksymalną odległość montażu projektora od ekranu (o ile instrukcja nie podaje tej odległości: $L \cdot \sin(S)$),
 - na podstawie obliczeń dobrać model ekranu i projektora,
- dobrać urządzenie źródłowe (np. model i specyfikację komputera/laptopa),
- sporządzić kosztorys systemu,
- wykonać rysunek sytuacyjny ukazujący rozmieszczenie poszczególnych elementów systemu,
- wykonać dokumentację projektową.

Profesjonalny projekt, który wpływa na cały proces jego realizacji, powinien uwzględniać także okablowanie, gniazda oraz system sterowania (Wojtachnik, 2017, s. 360). Projektując system prezentacji na potrzeby edukacji, należy pamiętać o prawidłowym wyborze ekranu projekcyjnego. Oprócz wymaganych rozmiarów warto również zwrócić uwagę na współczynnik wzmocnienia GAIN. Często ten parametr jest bagatelizowany, a wpływa on na dystrybucję światła odbitego. Ekran o wysokim wzmocnieniu dystrybuje światło w małym obszarze, aby uzyskać jak największą gęstość, co ma istotne znaczenie w salach dydaktycznych charakteryzujących się niskim poziomem zaciemnienia, przy czym gęstość światła postrzegana jest przez oko jako jasność.

Literatura

- Augustyn, G. (2010). *Podstawy projektowania instalacji audiowizualnych*. Brzezia Łąka: Poligraf.
- Dobrucki, A. (2007). *Przetworniki elektroakustyczne*. Warszawa: WNT.
- Everst, A., Pohlmann, K. (2013). *Podręcznik akustyki*. Katowice: Sonia Draga.
<http://www.adeoscreen.pl> (10.06.2018).
- Krajewski, J. (2010). *Głośniki i zestawy głośnikowe*. Warszawa: WKŁ.
- Rudyk, P. (2012). *Projekt audiowizualnego systemu prezentacji w Szkole Podstawowej im. Jana Pocka w Markuszowie*. Praca inżynierska (promotor: K. Gauda). Lublin: Politechnika Lubelska.
- Sztekmler, K. (2011). *Podstawy nagłośnienia i realizacji nagrań*. Warszawa: WKŁ.
- Weems, M. (2005). *Basics of Audio and Visual Systems Design*. Fairfax: International Communications Industries Association.
- Wojtachnik, R. (2017). Metoda zbierania wymagań w projektowaniu systemów informatycznych. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 4(22), 359–367.