AKUSTYCZNY ASPEKT ZASTOSOWANIA BLACHY KORTENOWEJ W EUROPEJSKIM CENTRUM SOLIDARNOŚCI W GDAŃSKU

DOI: 10.37660/integr.2020.6.2.3

WPROWADZENIE

Europejskie Centrum Solidarności (ECS) w Gdańsku zostało otwarte w roku 2014 [3, 7]. Bryła i wnętrza budynku nawiązują do niedawnej przeszłości tej części miasta, wydzielonej z terenu nadal funkcjonującej Stoczni Gdańskiej. Dominującym elementem architektury ESC są odchylone od pionu ściany konstrukcyjne, pokryte blachą kortenową (rys. 1). Podkreśla to symboliczną wymowę obiektu, z jej odniesieniem do wydarzeń z najnowszej historii tej części Europy [12]. Zgodnie z tą inspiracją nie tylko wygląd elewacji i wnętrz, ale także akustyka pomieszczeń ECS nawiązuje do atmosfery wielkich wnętrz przemysłowych.

Celem pracy jest przedstawienie akustycznych aspektów użytkowania pomieszczeń uformowanych z wykorzystaniem takich środków wyrazu architektonicznego.

BLACHA KORTENOWA JAKO MATERIAŁ WYKOŃCZENIOWY

Stal kortenowa (oryginalna nazwa COR-TEN) jest stopem o celowo wytworzonej warstwie korozyjnej, zastępującej ochronną powłokę malarską. Uzyskuje się ją przez użycie dodatków stopowych, nadających stali pożądane własności metalurgiczne i formujących samą warstwę korozyjną (P, Cu, Cr, Ni, Si, Mo, Ti, V). Prace nad wytworzeniem stali kortenowej rozpoczęły się w roku 1933, zaś do praktycznych zastosowań weszła ona w roku 1959 [17].

W swoich podstawowych zastosowaniach stal kortenowa jest materiałem konstrukcyjnym. W postaci blachy jest ona używana stosunkowo rzadko, głównie ze względu na swój specyficzny walor dekoracyjny. W realizacjach architektonicznych blacha kortenowa jest stosowana głównie

Rys. 1. Fasada południowa ECS, ze ścianami konstrukcyjnymi odchylonymi od pionu o $6,5^\circ$, w całości pokrytymi płytami corten o grubości 5 mm (fot. Wojciech Kryński)

Fig. 1. The south façade of the ECS, with the structural walls deviated from the vertical by $6,5^\circ$, entirely covered with corten plates 5 mm thick (photo by Wojciech Kryński)

jako pokrycie elewacji budynków biurowych, handlowych, obiektów kultury itp., a także w realizacjach o charakterze monumentalnym, jak pomniki, rzeźby lub inne instalacje na wolnym powietrzu. Szczególną cechą materiału jest ok. 3-letni okres naturalnego stabilizowania się właściwości fizykochemicznych powłoki korozyjnej. Jest to związane ze zmianą jej koloru, a także z pyleniem i osiadaniem rdzawego nalotu na powierzchni gruntu [11]. Z tego powodu stal kortenowa jest stosowana głównie na wolnym powietrzu [6, 10, 14]. Ze względu na możliwość pylenia użycie blachy kortenowej w pomieszczeniach wymaga ustabilizowania powłoki korozyjnej, np. przez natrysk cienkiej warstwy lakieru bezbarwnego.

Zastosowanie blachy kortenowej w pomieszczeniach ma miejsce w nielicznych przypadkach [5]. W niniejszej publikacji opisano jej użycie w największych pomieszczeniach ECS, tj. w ogrodzie zimowym i w sali widowiskowej, wraz z wpływem tego materiału na ich akustykę. Blacha kortenowa jest materiałem wykończeniowym dominującym także w innych pomieszczeniach ECS (hol wejściowy, foyer, korytarze). Uzasadnieniem dla takiego rozwiązania jest nawiązanie do jednolitości wykończenia elewacji i wewnątrz, charakterystycznej dla wielkich obiektów przemysłowych.

ZASTOSOWANIE BLACHY KORTENOWEJ WE WNĘTRZACH ECS

We wnętrzach ECS użyto blachy o grubości 1 mm, umocowanej do stalowego stelażu, co sprawia, że jej współczynnik pochłaniania dźwięku jest porównywalny ze współczynnikiem pochłaniania dźwięku tynku ($\alpha_w \approx 0,05$). Prowadzi to do dużej pogłosowości i małego rozproszenia dźwięku, co jest charakterystyczne dla hal przemysłowych. Efekty te są złagodzone przez zastosowanie w górnych partiach pomieszczeń siatki ciągnionej z blachy kortenowej oraz blachy kortenowej perforowanej, odsuniętej od betonowej ściany, z wypełnieniem pustki wełną mineralną. Przy zachowaniu jednolitości materiałowej wnętrza łagodzi to dużą pogłosowość, co kieruje słuchowe odczucia użytkowników od oczekiwanej industrialnej monumentalności ku akustycznej neutralności pomieszczeń użytku publicznego.

Ogród zimowy

Ogród zimowy skupia wokół siebie najważniejsze funkcje ECS, którymi są wystawy stałe i czasowe, czytelnie z bibliotekami, biura itp. Są one dostępne bezpośrednio lub poprzez szerokie korytarze, antresole ze schodami ruchomymi oraz wewnętrzne szklane fasady i otwory okienne. Dzięki temu bryła ogrodu zimowego jest w dużym stopniu rozczłonkowana,

Rys. 2. ECS, ogród zimowy (fot. Bartosz Makowski)

Fig. 2. The ECS, winter garden (photo by Bartosz Makowski)

co wraz z dużymi zgrupowaniami roślinności rozprasza i pochłania dźwięk, istotnie ograniczając pogłos (rys. 2).

Dane liczbowe ogrodu zimowego:

- długość × szerokość × wysokość: ok. 30 × 30 × 22 m,
- powierzchnia: 885 m²,
- kubatura, w tym przestrzeń akustycznie sprzężone: 19400 m³,
- powierzchnia blachy kortenowej: ok. 2200 m²,
- czas pogłosu: 2,8 s (f = 1000 Hz, sala pusta, rys. 3).

Sala wielofunkcyjna

Sala wielofunkcyjna jest pomieszczeniem o prostszej formie. Podobnie jak w przypadku samego budynku głównym środkiem kreowania architektury wnętrza sali są odchylone od pionu ściany boczne, w całości pokryte blachą kortenową. Zgodnie z przyjętą formułą hali przemysłowej, ściany boczne są dużymi jednoelementowymi płaszczyznami. Sprzyja to powstawaniu echa trzepoczącego, polegającego na wielokrotnym odbiciu dźwięku między równoległymi ścianami, co jest akustycznie niekorzystne. W pomieszczeniach o omawianej formie zjawisko to może powstać w obszarze estrady o równoległych, mocno oddalonych od siebie ścianach bocznych, gdzie może być słyszalne dla wykonawców. W przypadku jednak, gdy ściany są tak znacznie odchylone od pionu, strefa formowania się echa trzepoczącego jest przesunięta ponad estradę, mocno zmniejszając stopień jego odczuwania (rys. 4).

Powstawanie echa trzepoczącego opiera się na geometrycznym modelu propagacji dźwięku w pomieszczeniu. W modelu zakłada się, że przeszkoda odbijająca dźwięk, w tym przypadku ściana boczna, jest duża w stosunku do długości fali. Można to zapisać jako $l \geq K \lambda$, gdzie λ jest długością fali, l jest wymiarem przeszkody, a K jest współczynnikiem zależnym od stosunku energii odbitej w sposób zwierciadlany do energii rozproszonej.

W literaturze wybór współczynnika K nie jest wolny od arbitralności. Można spotkać wartości K zarówno większe niż 1, jak i mniejsze (np. $K = 1$ [1], $K = 1/2$ [4]

Rys. 3. Czas pogłosu ogrodu zimowego, średnia z 8 punktów pomiarowych; źródło dźwięku – strzał pistoletowy; kolorem niebieskim zaznaczono zakres wartości zalecanych wg [6]

Fig. 3. Reverberation time of the winter garden, the average of 8 observation points, empty room; sound source – pistol shot; the range of recommended values is marked in blue [6]

Rys.4. Przesunięcie strefy powstawania echa trzepoczącego (po lewej) powyżej poziomu głów wykonawców w związku z odchyleniem ścian bocznych od pionu o 6,5° (po prawej – opracowanie własne).

Fig. 4. Shift of the zone of forming the flutter echo (left) above the level of the performers heads due to the deviation of the side walls from the vertical (right – own study)

lub nawet $K = 1/3$ [9]]. W rozpatrywanym przypadku echo trzepoczące powstaje przy długościach fal krótszych niż $\lambda \leq l/K$ lub, równoważnie, w zakresie częstotliwości $f \geq Kc/l$, gdzie c jest prędkością dźwięku w powietrzu, $c = 340$ m/s. Jeśli się przyjmie $K=4$ [2, 8], a wymiary ścian bocznych wynoszą co najmniej 5×5 m, zjawiska powstawania echa trzepoczącego pokazanego na rysunku 4 można się spodziewać przy częstotliwościach dźwięku $f \geq 272$ Hz.

TESTY AKUSTYCZNE

Dla zbadania podatności sali na powstawanie echa trzepoczącego, w trakcie prac wykończeniowych przeprowadzono eksperyment akustyczny. Polegał on na słuchowej ocenie stopnia słyszalności echa przy różnych konfiguracjach materiału dźwiękochłonnego doraźnie układanego na ścianach bocznych (rys. 5). Podczas badań porównywano słyszalność echa przy usytuowaniu słuchacza w centralnej części i na skraju estrady, w obecności i bez materiału dźwiękochłonnego. Źródłem dźwięku był wystrzał z pistoletu startowego.

Stwierdzono, że pochylenie ścian jest wystarczającym krokiem zaradczym, przesuwającym obszar formowania się echa trzepoczącego ponad obszar przebywania wykonawców na estradzie, czyniąc echo niesłyszalnym. Dzięki temu uniknięto konieczności wytlumienia ścian, zwłaszcza ich dolnych partii dobrze widocznych z widowni, co naruszyłoby wizualne nawiązanie do przemysłowego charakteru wnętrza (rys. 6).

Dane liczbowe sali:

Rys. 5. Sala wielofunkcyjna w trakcie eksperymentu akustycznego, dotyczącego badania podatności sali na formowanie się echa trzepoczącego; widok z widowni na estradę, pokazane lewa i prawa ściana boczna (fot. A. Kulowski)

Fig. 5. The multi-purpose hall during the acoustic experiment regarding the susceptibility of the room to the formation of the flutter echo; view from the audience on the stage (the left and right side wall are shown (photo by A. Kulowski)

- dł. × szer. × wys.: 30,5 × 20,7 × 17,6 m, estrada: dł. × szer.: 15,3 × 9,1 m,
- powierzchnia: 483 m², kubatura: 5700 m³,
- liczba miejsc: 433, powierzchnia blachy kortenowej: ok. 940 m²,
- czas pogłosu: 1,3 s (f = 1000 Hz, sala pusta, rys. 7).

SYNERGICZNY WPŁYW MIEJSCA PREZENTACJI NA PERCEPCJĘ DZIEŁA SZTUKI

Industrialna sceneria i wyrastająca z niej akustyka wnętrz nabiera szczególnego znaczenia w kontekście wydarzeń artystycznych prezentowanych w ECS. Jest to potwierdzeniem istotnego wpływu miejsca prezentacji sztuki na jej percepcję, znanego od początku istnienia sztuki i obecnego w każdym jej przejawie. Przykładem takiej synergii, wyczuwalnej niemal w każdym spotkaniu lub wydarzeniu artystycznym mającym miejsce w ECS, jest estradowe wykonanie opery „Fidelio” Ludwika van Beethovena w ogrodzie zimowym 30 sierpnia 2017 roku (rys. 8). Oprócz rodzimych artystów wykonawcami koncertu byli imigranci i uchodźcy z krajów ogarniętych konfliktami [13]. Miejsce prezentacji, jakim jest ECS, nabiera szczególnej wymowy, gdy wraz z przesłaniem ideowym dzieła sztuki ma odniesienie do pozostających jeszcze w pamięci lub trwających wydarzeń o doniosłych skutkach społecznych, jakimi są masowe protesty w tym właśnie miejscu w roku 1981, transformacja w Polsce w roku 1989, a także trwający obecnie napływ imigrantów do Europy. Sztuka staje się wówczas czytelnym nośnikiem idei solidarności, łączącej te wydarzenia.

Niezwiązanym z ECS, wymownym przykładem synergicznego związku między miejscem traumatycznych wydarzeń a treścią prezentowanego dzieła jest historyczne wykonanie mszy żałobnej „Requiem” W.A. Mozarta w Sarajewie w roku 1994. Koncert odbył się w mieście będącym stolicą olimpiady zimowej w roku 1984, zniszczonym 10 lat później podczas wojny domowej w Bośni, wśród nieuprzątniętych gruzów zrujnowanej czytelnicy Biblioteki Narodowej [12]. Wykonawcami była

Rys. 6. Sala wielofunkcyjna, widok z widowni na scenę (fot. Wojciech Targowski)

Fig. 6. The multi-purpose hall, view from the audience on the stage (photo by Wojciech Targowski)

Rys. 7. Czas pogłosu sali wielofunkcyjnej, średnia z 6 punktów pomiarowych; źródło dźwięku: strzał pistoletowy; linia przerywana: czas pogłosu wg projektu akustyki; kolorem niebieskim zaznaczono zakres wartości zalecanych wg [6]

Fig. 7. Reverberation time of the multi-purpose hall, the average of 6 observation points, empty room; sound source: pistol shot; dashed line: reverberation time according to the acoustics design; the range of recommended values is marked in blue [6]

Rys. 8. Położenie sali wielofunkcyjnej i ogrodu zimowego na planie ECS; pokazane usytuowanie wykonawców (W) i publiczności (P) podczas estradowego wykonania opery „Fidelio” Ludwika van Beethovena w ogrodzie zimowym (opracowanie własne)

Fig. 8. Location of the multifunctional hall and the winter garden on the ECS plan; the positioning of the performers (W) and the audience (P) during the stage performance of Ludwig van Beethoven's opera "Fidelio" in the winter garden is shown (own study)

zdekompletowana przez wojnę orkiestra i chór miasta Sarajewo ze światowej klasy dyrygentem i solistami (Zubin Mehta, José Carreras) [16, 18].

ZAKOŃCZENIE

Architektura ECS w czytelny sposób nawiązuje do architektury industrialnej. Głównymi środkami wyrazu architektonicznego są tu kształt bryły budynku, rozwiązanie wnętrza i jednolitość materiału wykończeniowego, dominującego na elewacjach i we wnętrzach. Budynek odwołuje się do formy wieloprzemysłowego obiektu fabrycznego o wysokich ścianach z rozległymi, jednokondygnacyjnymi halami montażowymi. Całość jest wykończona pozornie nieatrakcyjną blachą kortenową.

Głównym pomieszczeniem ECS jest ogród zimowy, który wraz z pomieszczeniami towarzyszącymi zajmuje większość kubatury budynku. Konsekwentne użycie blachy jako materiału wykończeniowego w tak wysokim i rozległym wnętrzu prowadzi do dużej pogłósowości, typowej dla pomieszczeń przemysłowych. Rozczłonkowanie wnętrza, uzyskane dzięki antresolom ze schodami ruchomymi, szerokim korytarzom wnikaającym do głównej bryły, dużym zgrupowaniom roślinności oraz ustrojom dźwiękochłonnym umieszczonym w wyższych partiach pomieszczenia, pozwoliło na wytworzenie korzystnych warunków akustycznych. W obecnym stanie umożliwiają one prowadzenie aktywności o zróżnicowanych formach – od wystaw poprzez różnego typu spotkania aż po kwalifikowaną działalność koncertową.

W publikacji wykazano, że pozornie nieefektywny wizualnie i w zasadzie akustycznie nieodpowiedni materiał wykończeniowy, jakim jest blacha kortenowa, dzięki twórczej inwencji architekta zyskuje nowy, atrakcyjny wymiar. Dzięki właściwym decyzjom architektonicznym, podkreślonym przez użycie wszechobecnej blachy kortenowej, przemysłowa tradycja miejsca i warstwa ideologiczna obiektu są obecne w społecznym odbiorze programowej działalności ECS.

LITERATURA

- [1] Cremer L., Müller H.A., Schultz T.J., 1982. Principles and application in room acoustics. Applied Science Publishers, London – New York, 1982, chap. 1.1.
- [2] Egan M.D., 1988. Concepts in architectural acoustics. McGraw-Hill Book Company, New York, s. 89–90.
- [3] Europäisches Solidaritätscenter Danzig, 2008. Wettbewerbe Aktuell 2, s. 39-41 (in German).
- [4] Fasold W., Kraak W., Schirmer W., 1984. Taschenbuchakustik. VEB Verlag, Berlin, Teil 2, 9.3.2.3.
- [5] <http://sztuka-architektury.pl/article/4182/cricoteka-most-miedzy-historia-a-nowoczesnoscia> (dostęp: 24.02.2019).
- [6] Kulowski A., 2011. Akustyka sal – zalecenia projektowe dla architektów [Acoustics of halls – design recommendations for architects]. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- [7] Nietupski R., 2016. European Solidarity Centre in Gdańsk. Engineering Structures of the Visegrad Countries, Jaga Group, Bratislava, s. 168–179.
- [8] Puzyna Cz., 1974. Zwalczanie hałasu w przemyśle – zagadnienia wybrane [Noise Control in Industry – Selected Issues]. WNT, Warszawa, ch. 5.1.
- [9] Sadowski J., 1971. Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie [Acoustics in urban planning, architecture and construction]. Arkady, Warszawa, chap. 18.2.3.
- [10] Taborska H., 2016. Sztuka w otwartej przestrzeni publicznej i upamiętnianie ofiar cywilnych II wojny światowej – Coventry 1940–2015 [Art in open public space and commemoration of victims of the second world war – Coventry 1940–2015]. Zeszyty Naukowe Polskiego Uniwersytetu na Obczyźnie (PUNO) w Londynie, Seria trzecia, nr 4, Londyn, s. 25–38 <puno.edu.pl/wp-content/uploads/2018/07/ZN-PUNO-nr-4-2016.pdf> (dostęp: 24.02.2019).
- [11] Targowski M., 2018. Fasady Europejskiego Centrum Solidarności – architektoniczny obraz tożsamości miejsca [Façades of the European Solidarity Center – an architectural image of the place's identity]. [W:] Historia Stoczni Gdańskiej, K. Knoch et al. (red.), Europejskie Centrum Solidarności, Gdańsk, s. 641–660.
- [12] Targowski W., 2018. Gmach Europejskiego Centrum Solidarności – geneza przestrzeni, w poszukiwaniu tożsamości miejsca [The building of the European Solidarity Center – the genesis of space in search of the identity of the place]. [W:] Historia Stoczni Gdańskiej, K. Knoch et al., Europejskie Centrum Solidarności, Gdańsk, s. 661–679.
- [13] <trojmiasto.tv/Uchodzczy-i-imigranci-zagrali-w-operze-Fidelio-w-ECS-23454.html> (Refugees and immigrants they played in the opera Fidelio in ECS – in Polish) (dostęp: 24.02.2019).

- [14] Wojtkiewicz S., 2018. Teoretyczne aspekty praktyki w architekturze krajobrazu na przykładzie koncepcji projektowej „Alei Niezłomnych” w parku Konstytucji 3-go maja w Białymstoku [Theoretical aspects of design practice in landscape architecture, the case of the concept design of the “Unbroken Avenue” in the 3rd may Constitution park in Białystok]. Teka Komisji Urbanistyki i Architektury PAN Oddział w Krakowie, Urbanity and Architecture Files, t. XLVI, Kraków 2018, s. 449–458, <teka.pk.edu.pl/wp-content/uploads/2019/01/Teka-2018-29.pdf> (dostęp: 24.02.2019).
- [15] <www.academia.edu/5163829/_Ci%C4%99%C5%BCar_do%C5%Bwiadcz%C3%B3%C5%BCnia_przestrzeni_miejskiej_-_Tilted_Arc_Richarda_Serry> (dostęp: 24.02.2019).
- [16] www.imdb.com/title/tt0209158/ (dostęp: 24.02.2019).
- [17] www.nssmc.com/product/catalog_download/pdf/A006en.pdf (dostęp: 24.02.2019).
- [18] www.youtube.com/watch?v=KfTE_lwTrtQ (dostęp: 24.02.2019).

AKUSTYCZNY ASPEKT ZASTOSOWANIA BLACHY KORTENOWEJ W EUROPEJSKIM CENTRUM SOLIDARNOŚCI W GDAŃSKU

STRESZCZENIE. W publikacji przedstawiono użycie blachy kortenowej jako dominującego materiału wykończeniowego na elewacjach i we wnętrzach budynku o przesłaniu symbolicznym. Przedstawiono architektoniczne przesłanki uzasadniające jednorodność zastosowanego materiału. Na tym tle omówiono wpływ blachy kortenowej na akustykę pomieszczeń wraz z podaniem kroków zaradczych redukujących nadmierną pogłosowość i zwiększających stopień rozproszenia dźwięku. Pozytywnym sprawdzianem dla warunków akustycznych uzyskanych w największym pomieszczeniu ECS jest zaprezentowanie w nim dużego dzieła z dziedziny muzyki klasycznej.

Słowa kluczowe: budowle symboliczne, płyty kortenowe, pochylone ściany, ogród zimowy, akustyka pomieszczeń, czas pogłosu, echo trzepoczące

ACOUSTIC ASPECT OF APPLICATION OF CORTEN CLADDING IN EUROPEAN SOLIDARITY CENTRE IN GDAŃSK

SUMMARY. The article describes the use of corten plates as the dominant finishing material on façades and inside the building with a symbolic message. The impact of mass use of corten cladding on room acoustics is analyzed. Remedies are presented to reduce excessive reverberation and increase the degree of sound dispersion, taking into account the form of the interior, the arrangement of finishing materials and the mass use of greenery in the winter garden, which is the largest room in the building. A positive test of the acoustic conditions was the public presentation of a large piece of classical music.

Key words: symbolic building, corten plates, tilted walls, winter garden, room acoustics, reverberation time, flutter echo