

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE W PROCESIE REALIZACJI OCEN ODDZIAŁYWANIA AKUSTYCZNEGO ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH NA ŚRODOWISKO

Arkadiusz BOCZKOWSKI

Streszczenie: Niniejszy artykuł przedstawi przykład zastosowania komputerowych metod symulacji zjawisk akustycznych w procesie realizacji oceny oddziaływania akustycznego zakładu przemysłowego na środowisko. W artykule przedstawiono możliwość wykorzystania tych metod do analizy wpływu źródeł hałasu na środowisko, określenia zakresu i harmonogramu prac wyciszeniowych oraz oszacowania możliwych do osiągnięcia efektów akustycznych.

Słowa kluczowe: hałas, metody symulacyjne, ocena oddziaływania akustycznego, projektowanie zabezpieczeń przeciwhałasowych,

1. Wstęp

Zmniejszenie oddziaływania akustycznego zakładu przemysłowego na środowisko, szczególnie w przypadku dużych zakładów, stanowi wyjątkowo trudne zadanie. Duża ilość źródeł hałasu pracujących w tym samym czasie, brak możliwości zatrzymania procesu produkcyjnego lub znacznego ograniczenia wpływu tła akustycznego (np. hałasów komunikacyjnych) powoduje, że nie możliwe jest stwierdzenie które źródła hałasu odpowiadają za przekroczenia wartości dopuszczalnych hałasu w środowisku. Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie w procesie projektowania metod obliczeniowych propagacji dźwięku (tzw. metod symulacyjnych). Metody te bazują na algorytmach opisanych w normach PN ISO 9613-1 i -2 [1, 2], zalecanych do stosowania przez Dyrektywę 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie oceny i kontroli poziomu hałasu w środowisku oraz są zgodne z instrukcją ITB nr 338/2008 [3].

Metody obliczeniowe pozwalają na określenie wpływu poszczególnych źródeł na całkowitą emisję hałasu zakładu z pominięciem zakłóceń zewnętrznych. Uzyskujemy zatem możliwość stwierdzenia (już na etapie projektowania), które z źródeł hałasu należy w pierwszej kolejności wyciszyć oraz o ile decybeli należy zmniejszyć moc akustyczną wyciszanego źródła. Możemy również oszacować jak wprowadzenie poszczególnych rozwiązań przeciwhałasowych wpłynie na zmianę klimatu akustycznego w środowisku podlegającym ochronie akustycznej.

Szczegółowy zakres zadań składających się na przedstawioną w artykule metodę projektowania zabezpieczeń przeciwhałasowych w przemyśle z wykorzystaniem metod obliczeniowych przedstawiono w [4, 5]. Działania te opierają się na realizacji następujących czynności:

- wizja lokalna terenu zakładu, ustalenie i zatwierdzenie obszaru badań, ustalenie wartości dopuszczalnych hałasu na terenach chronionych akustycznie,
- inwentaryzacja źródeł hałasu, pomiary emisji akustycznej głównych źródeł hałasu,

- wyznaczenie mocy akustycznych źródeł hałasu,
- wyznaczenie reprezentatywnych punktów kontrolnych na terenach chronionych akustycznie oraz wykonanie kontrolnych pomiarów poziomu dźwięku A w środowisku,
- utworzenie cyfrowego modelu geometrycznego i akustycznego oraz obliczenie rozkładu poziomu dźwięku wokół zakładu, zgodnie z metodą ISO 9613-2,
- kalibracja modelu obliczeniowego,
- wyznaczenie zasięgu oddziaływania akustycznego zakładu w postaci przebiegu linii jednakowego poziomu dźwięku (mapa akustyczna),
- wyznaczenie udziału poszczególnych źródeł w ogólnym poziomie hałasu obserwowanym w punktach kontrolnych oraz wskazanie źródeł odpowiedzialnych za przekroczenia wartości dopuszczalnych,
- wytypowanie źródeł hałasu przeznaczonych do wyciszenia, określenie optymalnej kolejności realizacji zabezpieczeń przeciwhałasowych oraz określenie wymaganej minimalnej redukcji hałasu źródła, definiowanej jako obniżenie poziomu mocy akustycznej w dB po jego wyciszeniu,
- oszacowanie zasięgu oddziaływania akustycznego zakładu w postaci przebiegu linii jednakowego poziomu dźwięku po wykonaniu zabezpieczeń akustycznych.

2. Przykład realizacji oceny oddziaływania akustycznego zakładu przemysłowego na środowisko

W ramach przykładu zastosowania metod komputerowych w realizacji ocen oddziaływania akustycznego zakładów przemysłowych na środowisko w dalszej części artykułu zostaną przedstawione fragmenty ekspertyzy akustycznej obejmującej ocenę oddziaływania akustycznego pewnej huty na środowisko zewnętrzne. W ramach ekspertyzy określono równoważny poziom hałasu emitowanego do środowiska w czasie pracy huty w sytuacji przed podjęciem prac wyciszeniowych, porównano uzyskane wyniki z wartościami dopuszczalnymi hałasu, wytypowano źródła hałasu odpowiedzialne za przekroczenia wartości dopuszczalnych, opracowano koncepcję ograniczenia hałasu emitowanego przez te źródła oraz oszacowano wpływ prac wyciszeniowych na zmniejszenie emisji akustycznej w kierunku najbliższej zabudowy mieszkaniowej. Zakres działań zrealizowanych w ramach przykładowej pracy zgodny jest z procedurą zaproponowaną w [4,5]. Wykorzystanie narzędzi komputerowych do symulacji zjawisk akustycznych pozwala nie tylko na przeprowadzenie analizy skuteczności proponowanych rozwiązań przeciwhałasowych, ale również na określenie optymalnej strategii wyciszeń, uwzględniającej czas, koszt i możliwy do uzyskania efekt akustyczny.

2.1. Lokalizacja i charakterystyka terenów objętych badaniami akustycznymi

Lokalizacja terenów huty

Huta "Królewska" zlokalizowana jest w centralnej części miasta Chorzowa pomiędzy ulicami Katowicką, Metalowców i Kościuszki. Wzdłuż ulicy Katowickiej i Kościuszki znajdują się zabudowania mieszkalne, które podlegają ochronie akustycznej. Z kolei ulica Metalowców stanowi drogę dojazdową do terenów przemysłowych, zlokalizowanych po obu jej stronach. Poglądową mapkę lokalizacyjną terenów przemysłowych huty przedstawiono na Rys.1.

Charakterystyka i profil działalności huty

Na terenie Huty produkuje się głównie gorącowalcowane profile i kształtowniki stalowe w różnych gatunkach i rozmiarach. Znajdują się tu trzy główne wydziały produkcyjne, a mianowicie:

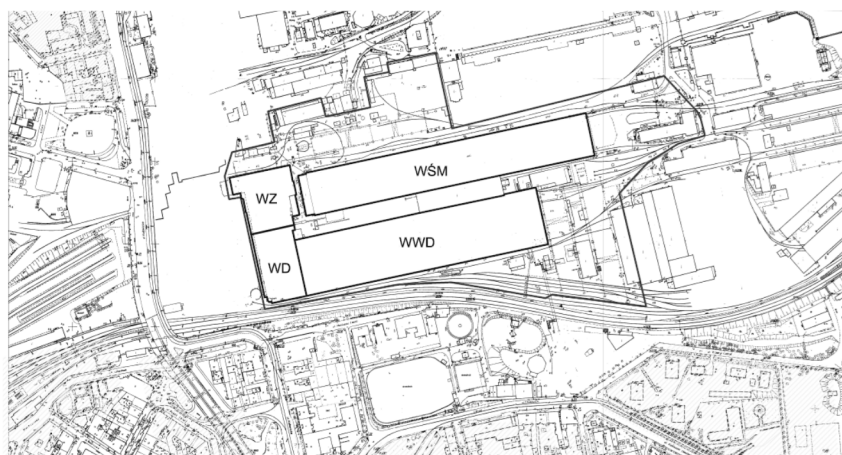
- Wydział Walcowani Dużej (W-411) obejmujący walcownię zgniatacz (WZ), walcownię dużą (WD) oraz wykańczalnię (WWD),
- Wydział Walcowni Średnio-Małej (W-412), znajdujący się w jednej hali produkcyjnej (WŚM),
- Wydział Akcesorii Kolejowych.

Na Wydziale Walcowni Dużej produkuje się ciężkie profile stalowe takie jak: szyny, kształtowniki dla kolei, dla górnictwa oraz kształtowniki na przenośniki zgrzeblowe. Wydział Walcowni Średnio-Małej zajmuje się produkcją gorącowalcowanych profili o mniejszych wymiarach, tj.: pręty, płaskowniki, kątowniki, teowniki, itp..

W ramach przedstawionego przykładu rozpatrywana jest tylko część huty, obejmująca Walcownię Dużą (W-411) oraz Walcownię Średnio-Małą (W-412). Obie walcownie stanowią najistotniejsze źródła hałasu na terenie huty, a ich zbyt intensywne oddziaływanie akustyczne powoduje przekroczenia wartości dopuszczalnych hałasu w najbliższym otoczeniu. Obszar huty objęty niniejszym opracowaniem oraz plan sytuacyjny zakładu i jego otoczenia został przedstawiony na Rys.1.

Lokalizacja terenów chronionych akustycznie

Identyfikację i klasyfikację terenów chronionych akustycznie wokół zakładu przeprowadzono na podstawie wypisu i wyrysu z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla miasta oraz wizji lokalnej i faktycznego zagospodarowania terenów wokół huty. Południowa strona huty graniczy z terenami zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej zlokalizowanej przy ul. Katowickiej, Moniuszki, Kościuszki i Skargi oraz licznymi terenami usługowymi. Po stronie zachodniej (za wiaduktem) rozciągają się tereny przemysłowe, z wyjątkiem obszaru położonego na kierunku północno-zachodnim, gdzie znajdują się tereny budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego oraz usług nieuciążliwych. Orientacyjną lokalizację terenów podlegających ochronie przed hałasem przedstawiono na Rys.1.



Rys.1. Plan sytuacyjny zakładu i jego otoczenia

Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku a w środowisku

Zgodnie z obowiązującym w czasie realizacji ekspertyzy Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 29 lipca 2004 roku (Dz.U. Nr 178 poz.1841) ochronie akustycznej podlegały 4 podstawowe grupy terenów – wymienionych w załączniku do rozporządzenia. Kwalifikacja badanych obszarów do wymienionych w załączniku grup terenów odbyła się na podstawie aktualnego przeznaczenia terenu oraz zgodnie z obowiązującym planem zagospodarowania przestrzennego.

Wszystkie tereny zabudowy mieszkaniowej zlokalizowane wokół huty zakwalifikowano do grupy 3a, a więc terenów zabudowy wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego, dla której wartości dopuszczalnego poziomu hałasu wynoszą dla pory dnia 55 dB i pory nocy 45 dB.

2.2. Identyfikacja głównych źródeł hałasu

Główną przyczyną hałasu emitowanego do środowiska zewnętrznego z terenów huty jest głośny proces technologiczny prowadzony we wnętrzu hal produkcyjnych, które posiadają zbyt małą izolacyjność akustyczną. Hałasy powstające w wyniku procesów technologicznych realizowanych w halach przemysłowych przedostają się na zewnątrz, przez co wpływają na znaczne pogorszenie klimatu akustycznego w otoczeniu huty. Na analizowanym terenie zakładu wyszczególnić można następujące główne grupy źródeł hałasu zewnętrznego, które w sposób znaczący wpływają na poziom emisji akustycznej do środowiska. Należą do nich:

- maszyny i urządzenia realizujące procesy produkcyjne we wnętrzu hal walcowni zgniatacz (WZ), walcowni dużej (WD), wykańczalni walcowni dużej (WWD) oraz walcowni średnio-małej (WSM), skąd hałas wydostaje się na zewnątrz przez elewacje o małej izolacyjności akustycznej,
- otwarte i „nieszczelne” akustycznie bramy w halach przemysłowych (szczególnie w hali walcowni zgniatacz i walcowni dużej),
- wentylatory powietrza technologicznego do pieców grzewczych (pieca pokrocznego na terenie walcowni zgniatacz oraz pieca przepychowego na walcowni średnio-małej).

W trakcie realizacji przedmiotowego opracowania przeprowadzono inwentaryzację oraz określono podstawowe parametry akustyczne i geometryczne wszystkich istotnych źródeł hałasu wewnętrznego (znajdujących się w halach produkcyjnych), jak również zewnętrznego (zlokalizowanych na zewnątrz). W celu identyfikacji najistotniejszych źródeł hałasu emitowanego do środowiska zewnętrznego przez zakład przeprowadzono szczegółową inwentaryzację głównych źródeł hałasu, połączoną z jednoczesnymi pomiarami ich emisji akustycznej. Przykładowe wyniki pomiarów akustycznych głównych źródeł hałasu zlokalizowanych na terenie hal produkcyjnych wydziałów W-411 i W-412 zamieszczono w Tablicy 1.

2.3. Pomiary hałasu emitowanego do środowiska zewnętrznego przez hutę

Pomiary hałasu emitowanego do środowiska zewnętrznego z terenów zakładu przeprowadzono w celu określenia rzeczywistych przekroczeń wartości dopuszczalnych dźwięku w środowisku. Kolejnym celem pomiarów było przeprowadzenie walidacji modelu obliczeniowego stanowiącego podstawę oceny skuteczności projektowanych zabezpieczeń przeciwhałasowych. Pomiary wykonano w punktach pomiarowych

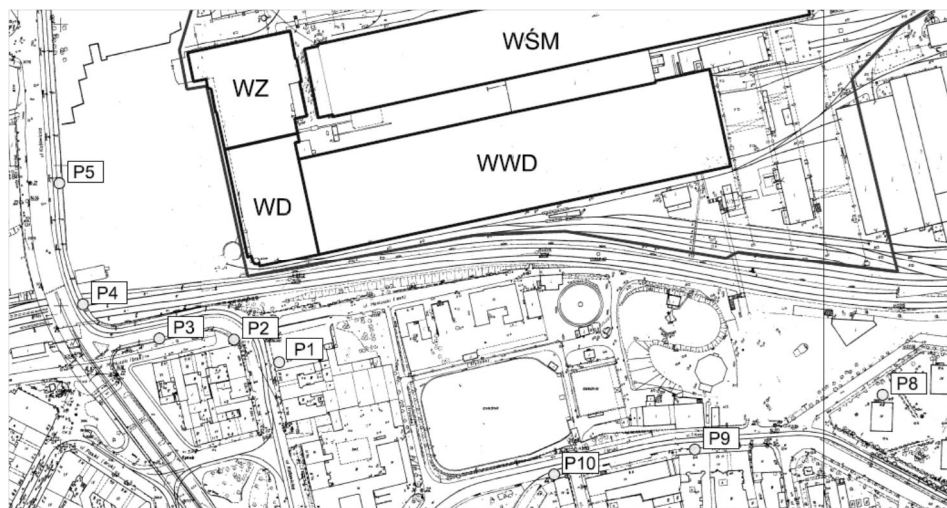
Tablica 1. Główne źródła hałasu na terenie huty (fragment).

Lp	Nazwa źródła	Licz. szt.	Rodzaj hałasu	Poziom ciśnienia akustycznego L_{Aeq} w dB ¹⁾										d ²⁾	Nr karty pomiar.
				L_{Aeq}	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
1.	Piec pokroczny	1	ustalony	79,6	39,1	49,8	62,2	67,1	69,6	76,2	75,1	66,6	51,6	5,0	KP-1
2.	Wentylatory nadmuchu powietrza do pieca pokroczn.	3	ustalony	104,3	67,3	75,2	72,7	85,9	93,0	97,9	101	95,0	88,4	1,0	KP-2
3.	Kolektor nad wentylatorami nadmuchu powietrza do pieca pokroczn.	1	ustalony	103,0	46,8	55,8	62,1	74,0	84,8	101	98,0	83,3	62,7	1,0	KP-3
4.	Walcarka Zgniatacz	1	nieustal.	91,9	42,6	60,2	73,4	80,6	84,9	87,7	86,6	81,5	68,0	5,0	KP-4
5.	Nożyca hydrauliczna wraz z multiplikat.	1	nieustal.	92,4	37,4	50,7	64,7	73,8	79,0	83,8	86,9	87,4	83,4	5,0	KP-5

zlokalizowanych w miejscu największego oddziaływania akustycznego huty, a więc po stronie zachodniej i południowej. Wszystkie pomiary akustyczne zostały przeprowadzone za pomocą przenośnego miernika i analizatora poziomu dźwięku SVAN 945A. W czasie realizacji pomiarów w zależności od pory nocy i daty prędkość wiatru wahała się w granicach $0 \pm 0,5$ m/s, średnia temperatura wynosiła od 7°C do $12,4^{\circ}\text{C}$, ciśnienie atmosferyczne od 992 do 1000 hPa, a wilgotność powietrza od 60,1% do 72,6%. Pomiary hałasu w środowisku zewnętrznym przeprowadzono w 10 punktach pomiarowych, które usytuowano w okolicach zabudowy mieszkalnej najbardziej narażonej na działanie hałasu emitowanego z terenu huty lub w miejscach istotnych ze względu na poprawną kalibrację modelu obliczeniowego. Lokalizację wybranych punktów pomiarowych przedstawiono na planie sytuacyjnym na Rys.2.

Ze względu na stosunkowo wysokie tło akustyczne w środowisku w porze dziennej, pochodzące od ruchu pojazdów samochodowych oraz szynowych po ulicy Katowickiej, pomiarów akustycznych nie można zrealizować w porze dziennej. Ponieważ praca poszczególnych wydziałów huty jest identyczna w porze dziennej oraz w nocnej (huta pracuje w systemie 3 zmianowym), to również emisja akustyczna z terenów huty określona w porze nocnej będzie identyczna jak emisja w porze dziennej. Zatem pomiary akustyczne oddziaływania huty na środowisko zostały przeprowadzone w porze nocnej, w czasie normalnej pracy zakładu. Wyniki przeprowadzonych pomiarów akustycznych oraz obliczeń skorygowanego o tło akustyczne poziomu hałasu dla przykładowych punktów pomiarowych, wykonanych w czasie pracy Walcowni Dużej (W-411) zestawiono w Tablicy 2.

Analiza uzyskanych wyników pomiarów wykazała, iż największy hałas emitowany do środowiska zewnętrznego występuje w czasie pracy Walcowni Dużej oraz Wykańczalni Walcowni Dużej. W punkcie P3 przekroczenie wartości dopuszczalnej w porze nocnej wynosi prawie 19 dB. Przyczyną tak dużej emisji akustycznej huty w czasie pracy Walcowni Dużej są poważne braki (ubytki) w elewacji zachodniej hali WD, brak fragmentu dachu nad halą WD, zbyt mała izolacyjność akustyczna obecnej elewacji hali WZ, WD i Wykańczalni WD oraz otwarte i nieszczelne bramy wjazdowe do hali WD.



Rys.2. Lokalizacja rozmieszczenia punktów pomiarowych wokół zakładu

Tablica 2. Wyniki pomiarów i obliczeń poziomu hałasu emitowanego do środowiska w czasie pracy Walcowni Dużej (fragment).

Punkt pomiar.	Poziom dźwięku A, dB					Niepewność pomiaru, dB		
	nr serii	L_{Aim}	L_{Atla}	L_{Aem}	$L_{Aeq\ \acute{s}r}$	U_{A95}	U_{B95}	U_{95}
P1	1	58,3	41,0	58,2	57,5	0,7	1,2	1,7
	2	57,1		57,0				
	3	57,5		57,4				
P2	1	60,2	41,0	60,1	61,0	0,9	1,2	1,8
	2	61,3		61,3				
	3	61,7		61,7				
P3	1	63,7	41,0	63,7	63,8	0,1	1,2	1,6
	2	63,9		63,9				
	3	63,9		63,9				
P4	1	62,8	42,0	62,8	62,5	0,3	1,2	1,6

2.4. Obliczeniowa metoda określania emisji akustycznej z terenu zakładu

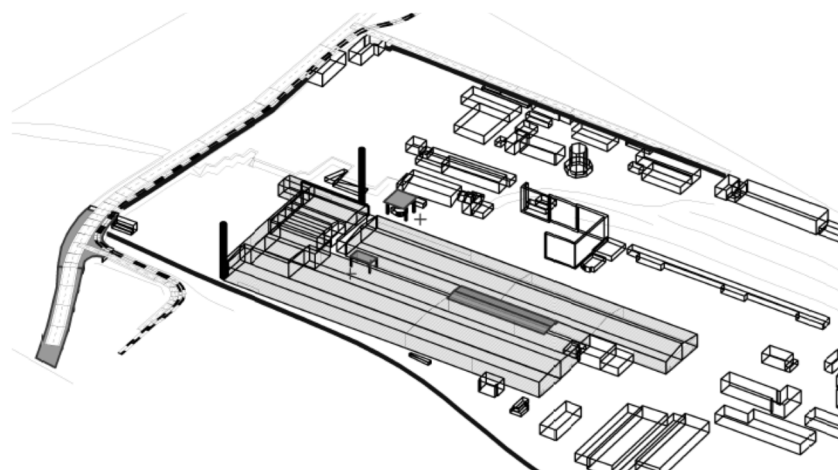
Do przeprowadzenia badań symulacyjnych oddziaływania akustycznego zakładu na środowisko zewnętrzne oraz w celu przeprowadzenia analizy możliwości redukcji hałasu głównych jego źródeł zdecydowano się wykorzystać metodę ISO 9613-2 [1, 2] i program komputerowy CadnaA [6] – realizujący obliczenia zgodnie z tą metodą. Oprócz podstawowych zjawisk fizycznych towarzyszących propagacji fali akustycznej w przestrzeni (jak: tłumienie dźwięku przez powietrze, odbicie, ugięcie, pochłanianie, itd.) w opracowanym modelu obliczeniowym zakładu uwzględniono również ukształtowanie terenu (topografię) oraz pochłanianie dźwięku przez grunt (tzw. „ground effect”).

Głównym celem zastosowania metody obliczeniowej propagacji dźwięku było określenie zasięgu oddziaływania akustycznego huty w czasie jednoczesnej pracy obu

walcowni (W-411 oraz W-412) oraz identyfikacja źródeł hałasu odpowiadających za przekroczenia wartości dopuszczalnych poziomu hałasu w środowisku. Opracowany model akustyczny pozwolił na oszacowanie zmiany klimatu akustycznego wokół zakładu, będącego efektem podjętych prac wyciszeniowych, dzięki czemu będzie można było przeprowadzić ocenę efektywności projektowanych zabezpieczeń.

Dane wejściowe do obliczeń

W celu przeprowadzenia obliczeń propagacji hałasu przemysłowego do środowiska w pierwszej kolejności wykonano przestrzenny model geometryczny obszaru objętego badaniami, a więc model terenów przemysłowych wraz z przyległymi terenami podlegającymi ochronie akustycznej. Do tego celu posłużono się mapą sytuacyjną wykonaną w skali 1:1000. Model geometryczny zawiera elementy mające wpływ na propagację fali akustycznej w środowisku, jak np.: hale przemysłowe, budynki socjalne i gospodarcze oraz skarpy stanowiące naturalne ekrany akustyczne. W modelu uwzględniono zjawisko ekranowania hałasu emitowanego z terenów zakładu przez wszystkie obiekty techniczne i budowlane zlokalizowane na terenie zakładu oraz przylegających terenach przemysłowych, jak również naturalne ekranowanie związane z ukształtowaniem terenu. Nie uwzględniono natomiast własności ekranujących zabudowy mieszkaniowej zlokalizowanej na terenach chronionych akustycznie. Przyjęto, że poza terenem zakładu fala akustyczna rozchodzi się swobodnie w sposób nie zakłócony przez przeszkody typu ekran akustyczny. Fragment komputerowego modelu geometrycznego analizowanych obszarów przemysłowych zaimplementowany w programie CadnaA przedstawiono na Rys.3. W następnej kolejności do modelu przestrzennego wprowadzono parametry akustyczne zlokalizowanych na terenie zakładu punktowych i powierzchniowych źródeł dźwięku. Dane dotyczące własności akustycznych źródeł dźwięku pozyskano w wyniku realizacji szczegółowych pomiarów akustycznych. W przypadku źródeł punktowych parametrem charakteryzującym źródło jest moc akustyczna. Obliczenia mocy akustycznej źródeł hałasu przeprowadzono metodą orientacyjną (zgodnie z PN-EN ISO 3746:1999) na podstawie wykonanych pomiarów średniego poziomu ciśnienia akustycznego na powierzchni pomiarowej. Uwzględnione w obliczeniach źródła hałasu wraz z wartościami wyznaczonych mocy akustycznych zestawiono w Tabelicy 3.



Rys. 3. Komputerowy model geometryczny analizowanych obszarów przemysłowych

Tablica 3. Wykaz źródeł hałasu uwzględnionych w obliczeniach akustycznych (fragment).

Lp.	Nazwa	Oznaczenie	Moc akustyczna		Rodz. danych	Plik pomiarowy	Rodzaj źródła
			całkowita L _{WA} , dB	jednostkowa L _{WA} ¹ , dB			
1	Wentylator 1	WENT_1	100,7	-	Lw	26MAR16	PKT
2	Wentylator 2	WENT_2	113,7	-	Lw	02APR6	PKT
3	Suwnica	SUWNICA	109,3	-	Lw	30MAR0	PKT
4	Elewacja zach.1 WZ	WZ_zach_1	94,2	73,2	Lw"	23MAR9	PKE
5	Elewacja zach.2 WZ	WZ_zach_2	94,2	73,2	Lw"	23MAR9	PKE
6	Elewacja pld.1 WZ	WZ_pld_1	95,5	73,2	Lw"	23MAR9	PKE

Przebieg obliczeń akustycznych i analiza wyników

Po wprowadzeniu do modelu niezbędnych danych akustycznych charakteryzujących emisję głównych źródeł hałasu do środowiska zewnętrznego wykonano wstępne obliczenia poziomu dźwięku A w punktach obserwacji zlokalizowanych zgodnie z punktami kontrolnymi przedstawionymi na Rys.3. Następnie przeprowadzono walidację modelu akustycznego, mając na uwadze uzyskanie jak najmniejszych błędów w punktach kontrolnych zdefiniowanych jako różnica pomiędzy wartościami uzyskanymi na drodze obliczeniowej (z modelu) i wartościami uzyskanymi w wyniku pomiarów. Po zakończeniu procedury tworzenia modelu uzyskano zgodność na poziomie mniejszym niż $\pm 1,0$ dB, co pozwala stwierdzić, że opracowany model charakteryzuje się dużą dokładnością. Po zakończeniu czynności związanych z kalibracją modelu akustycznego i uznaniu go za wystarczająco dokładny, przystąpiono do dalszych analiz mających na celu ocenę zasięgu propagacji hałasu z terenów huty w czasie jednoczesnej pracy obu walcowni oraz prognozowanie zmian klimatu akustycznego wskutek planowanych rozwiązań ograniczających hałas.

W pierwszej kolejności przeprowadzono obliczenia poziomu dźwięku A w siatce punktów o rozmiarach 10m×10m, rozmieszczonej na wysokości 4,0 m nad poziomem gruntu, uzyskując w ten sposób mapy rozkładu poziomu dźwięku A emitowanego do środowiska zewnętrznego z terenów huty. Szczegółowa analiza ww. map umożliwia określenie zasięgu oraz kierunków uciążliwego oddziaływania zakładu. Przykładowa mapa pola akustycznego przedstawiono na Rys.4.

2.5. Analiza możliwości obniżenia hałasu emitowanego przez hutę do środowiska

Generalnie istnieją trzy drogi ograniczenia hałasu emitowanego przez hutę do środowiska zewnętrznego:

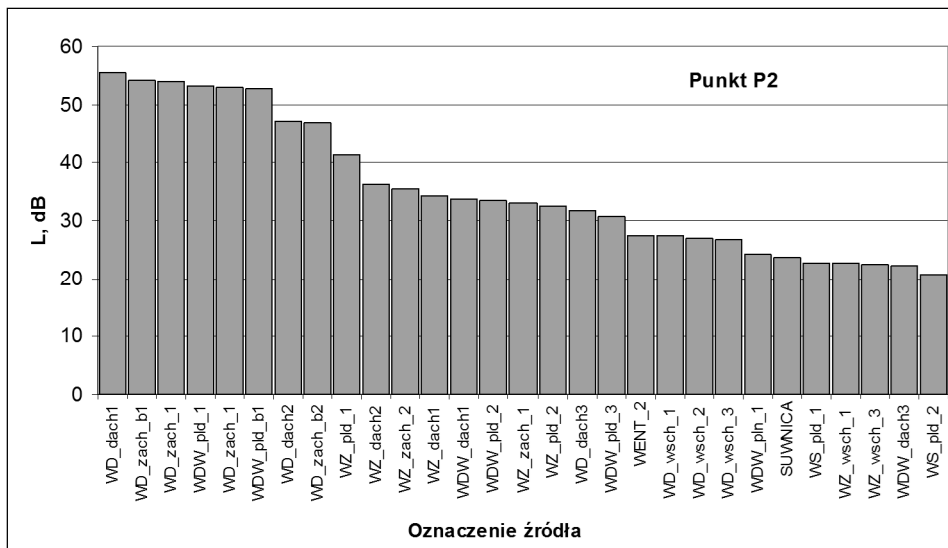
- pierwsza, związana jest z wyciszeniem maszyn i urządzeń pracujących we wnętrzu hal, dzięki czemu ulegnie zmniejszeniu wartość pierwotnej energii akustycznej wywaranej jako proces reszkowy w czasie produkcji. Wyciszenie maszyn i urządzeń hutniczych nie zawsze jest jednak możliwe z uwagi na specyfikę produkcji, ciężar i gabaryty maszyn, konieczność zapewnienia dostępu do każdej części maszyny przy użyciu suwnic, obsługę maszyn przez suwnice oraz ciężar i wymiary produkowanych profili, ich temperaturę, itp.,



Rys.4. Przykładowa mapa pola akustycznego

- druga, polega na zwiększeniu izolacyjności akustycznej poszczególnych elewacji hal przemysłowych o tyle, by przenikająca na zewnątrz energia akustyczna nie powodowała przekroczeń wartości dopuszczalnych w środowisku,
- trzecia natomiast, polega na przedsięwzięciu odpowiednich działań organizacyjnych, umożliwiających obniżenie emisji hałasu z terenu huty do środowiska zewnętrznego.

Posiadając skalibrowany i zgodny z rzeczywistością model akustyczny terenów objętych badaniami przystąpiono do przeprowadzenia analizy możliwości ograniczenia emisji hałasu z terenów huty w stronę najbliższych zabudowań mieszkalnych. W tym celu w pierwszej kolejności wytypowano źródła odpowiedzialne za przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu w środowisku w poszczególnych punktach pomiarowych. Graficzne przedstawienie udziałów poszczególnych źródeł w łącznym hałasie obserwowanym w punkcie pomiarowym P2 przedstawiono na Rys.5. Z analizy przedstawionych udziałów wynika, że w celu osiągnięcia na terenach chronionych akustycznie poziomu hałasu emitowanego z terenu zakładu poniżej 45 dB, należy wyciszyć wszystkie źródła w taki sposób, by ich emisja w analizowanych punktach obserwacji nie przekraczała wartości ok. 30 dB. Źródła, które w obecnej sytuacji nie posiadają udziałów w punkcie P2 większych od 30 dB nie muszą być wyciszane. Jak widać w pierwszej kolejności muszą zostać wyciszone najgłośniejsze elewacje głównych hal produkcyjnych, uzupełnione brakujące zadaszenia w halach oraz wyciszone bramy technologiczne. Właśnie te elementy stanowią najważniejszą przyczynę obserwowanych przekroczeń wartości dopuszczalnych hałasu w środowisku.



Rys. 5. Udział poszczególnych źródeł hałasu w punkcie obserwacji P2 zlokalizowanym przy ul. Katowickiej107

W celu opracowania efektywnej strategii wyciszeń w pierwszej kolejności postanowiono wytypować wszystkie źródła hałasu, które muszą być wyciszone, posortowano je w kolejności odpowiadającej istotności źródła, a następnie uzgodniono kolejność wdrażania poszczególnych prac wyciszeniowych z kierownictwem huty. W ten sposób cały zakres prac podzielony został na trzy etapy:

- **Etap I**, obejmuje wymianę elewacji południowej, zachodniej i północnej pola remontowego, wymianę elementów elewacji północnej hali walcowni zgniatacz oraz wymianę elewacji zachodniej hal wydziału W-411,
- **Etap II**, obejmuje wszystkie roboty dachowe, tj.: wymianę dachu pola remontowego w hali WZ, zamknięcie dachu ściany zachodniej i obudowa konstrukcji dźwignika w hali WD oraz wymianę okien w świetlikach hali WWD na długości ok. 200 mb,
- **Etap III**, obejmuje wymianę elewacji ściany południowej WWD, wymianę okien w elewacji południowej hali WWD na długości ok. 200 mb, wyciszenie wentylatorów pieców pokrocznego i przepychowego, wyciszenie upustu powietrza nożycy walcowni zgniatacz oraz wylotu powietrza wentylatora filtra czyszczarki.

Następnie w uzgodnionej kolejności wyciszeń wprowadzono zmiany mocy akustycznej poszczególnych źródeł symulując w ten sposób redukcję hałasu źródła. Wielkość zmniejszenia poziomu hałasu emitowanego przez źródło dobierano w taki sposób, by źródło po wyciszeniu nie było „słyszalne” w punkcie pomiarowym, a więc tak by jego udział był mniejszy od 30 dB.

Wyniki obliczeń akustycznych zmniejszenia poziomu hałasu w środowisku w związku z wdrożeniem przyjętych w poszczególnych etapach rozwiązań przeciwhałasowych zestawiono w Tabelcy 4.

Tablica 4. Propozycja podziału prac wyciszeniowych na etapy wraz z prognozowanymi efektami redukcji hałasu.

Etap	Nr zad.	Nazwa zadania	Lokalizacja	Sposób wyciszenia	Założona izolacyjność w dB	Prognozowany poziom hałasu po wyciszeniu wszystkich źródeł		
						P1	P2	P3
0	-	stan obecny	-	-	-	57,5	62,0	63,5
I	1	wymiana elewacji południowej, północnej i zachodniej pola remontowego suwnic (na przeciwko pieca pokrocznego)	WZ	zwiększenie izolacyjności	R>25 dB	56,5	59,1	61,2
	2	wymiana elementów elewacji północnej hali walcowni zgniatacz	WZ	zwiększenie izolacyjności	R>25 dB			
	3	wymiana elementów elewacji zachodniej walcowni zgniatacz i walcowni dużej oraz wykonanie dwóch bram akustycznych	WZ WD	zwiększenie izolacyjności	R>25 dB			
II	4	wymiana dachu pola remontowego w hali walcowni zgniatacz	WZ	zwiększenie izolacyjności	R>20 dB	56,2	56,0	55,0
	5	zamknięcie dachu przy ścianie zachodniej oraz obudowa konstrukcji dźwignika w dachu hali walcowni dużej	WZ WD	zwiększenie izolacyjności	R>20 dB			
	6	wymiana okien w świetlikach hali wykańczalni walcowni dużej na długości 200 mb	WWD	zwiększenie izolacyjności	R>20 dB			
III	7	wymiana południowej elewacji blaszanej wykańczalni walcowni dużej na długości 200 mb oraz wykonanie bramy akustycznej	WWD	zwiększenie izolacyjności	R>25 dB	44,7	44,6	44,3
	8	wymiana okien w południowej elewacji wykańczalni walcowni dużej na długości 200 mb	WWD	zwiększenie izolacyjności	R>25 dB			
	9	wyciszenie wentylatorów pieca pokrocznego wraz z kolektorem	WD	obudowa	R>35 dB			
	10	wyciszenie wentylatorów pieca przepychowego	WŚM	obudowa	R>35 dB			
	11	wyciszenie upustu powietrza nożycy walcowni zgniatacz	WZ	łtunik	T>15 dB			
	12	wyciszenie wylotu powietrza wentylatora filtra czyszczarki	WWD	łtunik	T>20 dB			

3. Podsumowanie

Przedstawiony w artykule przykład zastosowania metody projektowania zabezpieczeń przeciwhałasowych z wykorzystaniem komputerowego wspomaganie ukazuje racjonalność stosowania metod symulacyjnych w tego typu przedsięwzięciach. Zastosowanie komputerowych metod symulacji zjawisk akustycznych umożliwia optymalne ułożenie harmonogramu wdrożeń poszczególnych zabezpieczeń akustycznych, uwzględniając z jednej strony potrzebę osiągnięcia jak najszybszej i jak największej redukcji hałasu, a z drugiej strony koszt inwestycji, możliwość ich realizacji oraz czas potrzebny na wdrożenie.

Ważną zaletą metod komputerowych jest również to, że pozwalają one oszacować możliwe do uzyskania efekty akustyczne, a więc pozwalają na świadome podejmowanie decyzji inwestycyjnych.

Artykuł powstał w ramach pracy statutowej BK-218/ROZ3/2014 pt. "Zarządzanie innowacjami w produkcji i usługach" realizowanej w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

Literatura

1. PN-ISO 9613-2:2002. Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczania.
2. PN ISO 9613-1:2000. Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas jego propagacji na zewnątrz – obliczenie pochłaniania dźwięku przez atmosferę.
3. Instrukcja nr 338/2008. Metoda określania emisji i imisji hałasu przemysłowego w środowisku oraz program komputerowy. Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa 1996.
4. Boczkowski A., Kuboszek A.: Techniczne i pozatechniczne aspekty wdrażania innowacyjnych metod projektowania zabezpieczeń przeciwhałasowych w przemyśle. Etap I. Ekspertyza akustyczna. - artykuł w druku.
5. Boczkowski A: Designing of noise protection systems in industrial environment. Monografia pt. Systems Supporting Production Engineering. Gliwice, 2012.
6. Boczkowski A.: Racjonalne projektowanie i wdrażanie zabezpieczeń przeciwhałasowych w przemyśle. Materiały XXXIX Zimowej Szkoły Zwalczania Zagrożeń Wibroakustycznych, Gliwice-Szczyrk, 28.02-4.03.2011. Gliwice, PTA, 2011.
7. Instrukcja oprogramowania CadnaA ver. 3.6 firmy DataKustik.

Dr inż. Arkadiusz BOCZKOWSKI
Instytut Inżynierii Produkcji
Politechnika Śląska
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28
Tel/fax: (032) 277 73 11/(032) 277 73 13
e-mail: arkadiusz.boczkowski@polsl.pl