

Redukcja hałasu emitowanego przez wyrzutnie powietrza turbosprężarek

W artykule omówiono kwestię redukcji hałasu źródeł, gdzie poziom emitowanego dźwięku bliski jest granicy, po przekroczeniu której istnieje możliwość mechanicznego uszkodzenia słuchu. Przedstawione zostały podstawowe problemy związane z projektowaniem zabezpieczeń przeciwhałasowych, na podstawie wyników badań źródła dźwięku, jakim jest wyrzutnia powietrza turbosprężarek. Opisano koncepcję redukcji hałasu, w której podkreślono, że dzięki prowadzeniu prac badawczych możliwe jest ograniczenie emisji dźwięku nawet w przypadkach skrajnie trudnych.

Słowa kluczowe: redukcja hałasu, wyrzutnie powietrza, zabezpieczenia przeciwhałasowe, mechaniczne uszkodzenia słuchu

Reducing noise emitted by air chutes of turbochargers

This article presents the problem of reducing noise so loud it is close to being mechanically harmful for hearing. It discusses basic problems related to designing noise countermeasures on the basis of research on air chutes of a turbocharger treated as a source of noise. This article also presents a concept of noise reduction, which underlines the possibility research contributing to a reduction in noise even in extremely tough conditions.

Keywords: noise reduction, air chutes, anti-noise safeguards, mechanical hearing injury

Wstęp

Konieczność ochrony stanowisk pracy przed hałasem jest zapisana w PN-N-01307:1994 [1]. Na jej podstawie określa się, że dla typowych stanowisk pracy (nie dotyczy to m.in. kabin), dopuszczalny poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy nie powinien przekraczać $L_{EX,8h} = 85$ dB. Natomiast maksymalny poziom dźwięku A, nie powinien przekraczać $L_{SMax} = 115$ dB. Dodatkowo szczytowy poziom dźwięku mierzony dla charakterystyki częstotliwościowej C, nie powinien przekraczać $L_{C,PEAK} = 135$ dB.

Większość źródeł dźwięku spotykanych w przemyśle generuje fale akustyczne, których maksymalny poziom dźwięku A nie przekracza $L_{SMax} = 115$ dB [1]. Jednakże największym zagrożeniem jest grupa źródeł związanych z układami wentylacji/chłodzenia, których parametry przepływu są na tyle duże, że poziom emitowanego dźwięku A przekracza 120 dB [2]. Takie źródła są szczególnie groźne dla zdrowia organizmów żywych. Badania

medyczne dowodzą, że poziom dźwięku A przekraczający 120 dB stwarza zagrożenie mechanicznego uszkodzenia słuchu, zaś poziom 130 dB określany jest mianem granicy bólu, jaki jest w stanie znieść człowiek [3]. Dlatego źródła, których poziom emitowanego dźwięku A przekracza 120 dB, klasyfikowane są jako te, które w znacznym stopniu wpływają na otoczenie [3].

Typowym przykładem źródeł dźwięku A, o poziomach przekraczających 120 dB, które powodują mechaniczne uszkodzenia słuchu, są wyrzutnie powietrza sprężarek (turbosprężarek), wyrzutnie pary świeżej, czy górnicze stacje wentylatorów głównych. Emitowany przez nie hałas wymusza podejmowanie działań naprawczych, których celem jest przynajmniej częściowe ograniczenie ponadnormalnego oddziaływania [4, 5].

O ile w przypadku zakładów takich jak huty czy też elektrociepłownie odległość od źródeł dźwięku do stanowisk pracy, czy też obiektów jest w wielu przypadkach wystarczająca, o tyle w przypadku elektrowni i obiektów górniczych,

problem ochrony przed hałasem jest bardziej złożony. Stąd, w odniesieniu do takich obiektów rosną wymagania dotyczące stosowanych zabezpieczeń przeciwhałasowych. Projektowanie zabezpieczeń o wysokiej redukcji poziomu dźwięku wymaga prowadzenia prac badawczych, które obejmują nie tylko szczegółowe badania bezpośrednie, lecz przede wszystkim skomplikowane obliczenia numeryczne [6]. Na ich podstawie możliwe jest określenie wpływu materiałowych i geometrycznych cech konstrukcyjnych projektowanych zabezpieczeń przeciwhałasowych na emitowany przez źródło poziom dźwięku A, jak również weryfikacja zabezpieczeń pod względem wprowadzanych oporów przepływu.

Badania bezpośrednie

Badania bezpośrednie są kluczowe w procesie identyfikacji problemów związanych z redukcją hałasu źródeł o znacznym oddziaływaniu na otoczenie. Obejmują one: inwentaryzację cech geometrycznych, badania przepły-



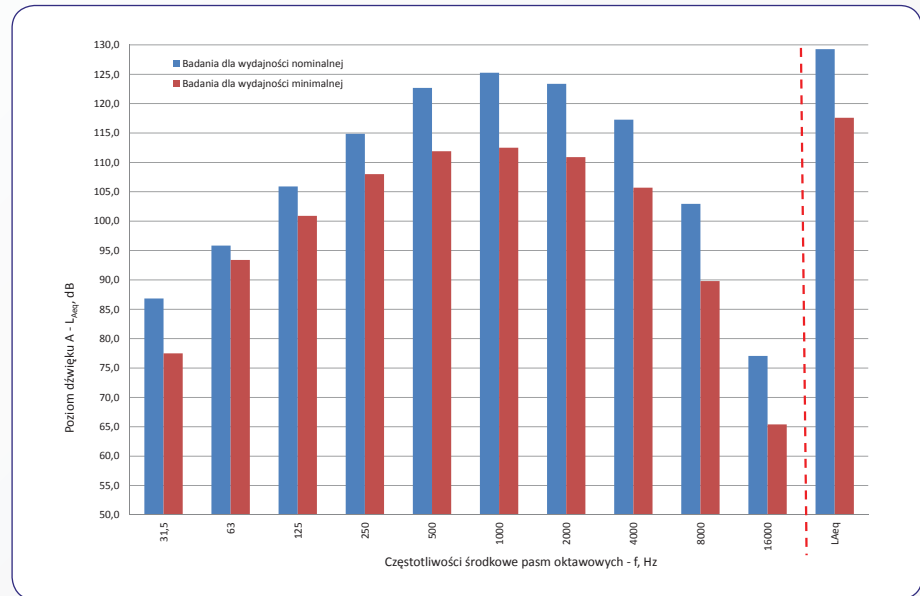
Fot. Badana wyrzutnia powietrza turbosprężarek [7]
Photo. An air chute of a turbocharger [7]

wów medium oraz rozkładu pola temperatur, a przede wszystkim pomiary akustyczne.

Jednym ze źródeł przemysłowych o największej emisji dźwięku jest przedstawiona na zdjęciu wyrzutnia powietrza turbosprężarek.

Badane źródło dźwięku charakteryzowało się zmiennymi warunkami pracy. Nominalne obciążenie występowało podczas rozruchu bloku energetycznego, gdy strugi powietrza o temperaturze dochodzącej do 150 °C wyrzucane były do atmosfery pod ciśnieniem dochodzącym do $0,68 \cdot 10^6$ Pa (~ 7,0 atm). Dla warunków tych, poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A (poziom dźwięku A) w odległości 1 m, poza bezpośrednim oddziaływaniem strug powietrza, przekraczał 129 dB. Natomiast podczas pracy wyrzutni powietrza z minimalną wydajnością poziom dźwięku A, zmierzony w odległości 1 m, przekraczał 117 dB. Dla obu badanych stanów obciążenia w emitowanym hałasie dominowały częstotliwości w zakresie od 250 Hz do 4 kHz. Dla obciążenia nominalnego, w porównaniu z obciążeniem minimalnym, widoczny był wzrost poziomu ciśnienia akustycznego, skorygowanego charakterystyką częstotliwościową A dla większości częstotliwości środkowych pasm oktawowych (rys. 1.). Na podstawie przeprowadzonych badań określono, iż moc akustyczna wyrzutni powietrza dla obciążenia nominalnego wynosi $L_{WA} = 145,2$ dB.

Oprócz znacznej mocy akustycznej badanego źródła dźwięku istotnym problemem była lokalizacja źródła, na wysokości ponad 19 m n.p.t. Jak wiadomo, zasięg oddziaływania źródła dźwięku w znacznym stopniu zależy



Rys. 1. Poziom dźwięku A (poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A) dla poszczególnych częstotliwości pasm oktawowych [7]

Fig. 1. Noise level A (acoustic pressure level corrected by A frequency characteristics) for individual frequencies of octave bands [7]

od jego wysokości nad poziomem terenu, przy czym im wyżej położone jest źródło dźwięku, tym większy jest jego zasięg oddziaływania akustycznego. Stąd w pomiarach prowadzonych na typowej wysokości 1,5 m n.p.t. [8] w odległości 12 m od wyrzutni powietrza poziom dźwięku A przekraczał 105 dB.

Pomimo trudnych warunków do eksploatacji zabezpieczeń przeciwhałasowych, do których można zaliczyć:

- wysoką temperaturę strug powietrza
- duże ciśnienie przepływających strug powietrza
- dominujący udział niskich i średnich częstotliwości w emitowanym hałasie, ze znacznym udziałem częstotliwości od 31,5 do 250 Hz
- znaczną moc akustyczną badanego źródła dźwięku ($L_{WA} > 145$ dB)
- niekorzystne położenie źródła dźwięku na dużej wysokości
- podjęta została próba opracowania koncepcji ograniczenia hałasu, jak również wykonania dokumentacji technicznej proponowanego rozwiązania. Na potrzeby opracowania tej koncepcji przeprowadzone zostały, w pierwszej kolejności, obliczenia numeryczne.

Modelowanie numeryczne

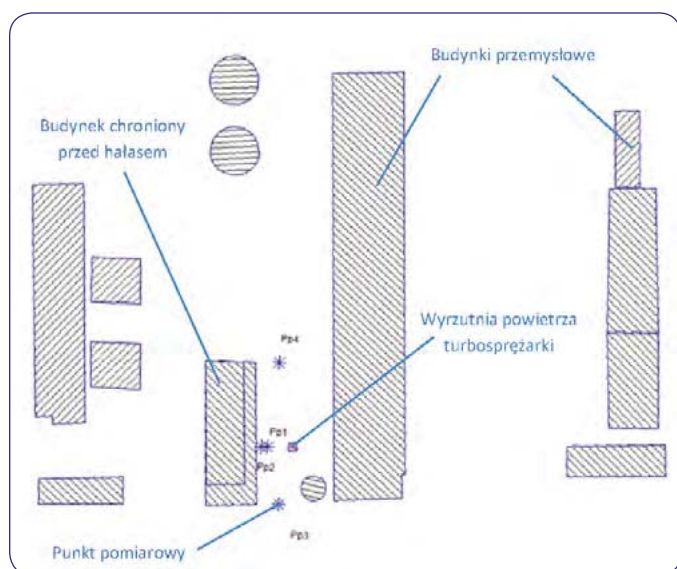
Pod pojęciem badań numerycznych zawierają się obliczenia z użyciem modeli predykcji, których celem jest prognozowanie rozkładu pola akustycznego w odniesieniu do określonych parametrów źródeł dźwięku lub parametrów przestrzeni badawczej. Na potrzeby określenia koncepcji ograniczenia hałasu opracowany został przestrzenny (trójwymiarowy) model numeryczny terenu oraz jego pokrycia

w rejonie badanego źródła dźwięku, odzwierciedlając rzeczywiste parametry przestrzeni badawczej. Płaski rzut modelu przedstawiono na rys. 2.

Tworząc model na potrzeby badań numerycznych odwzorowano rzeczywiste zagospodarowanie terenu w rejonie badanego źródła dźwięku. Opisane zostały, numerycznie, m.in.: budynki przemysłowe, budynki chronione, badane źródło dźwięku, jak również punkty pomiarowe (odbiorniki dźwięku), w których identyfikowano poziom dźwięku A, w stosunku do dwóch badanych stanów obciążenia wyrzutni powietrza. Opis ten obejmował zapis w modelu współrzędnych geograficznych charakterystycznych punktów wyżej wymienionych elementów zagospodarowania, zapis ich cech geometrycznych, jak również parametrów akustycznych. Źródło dźwięku scharakteryzowano w modelu numerycznym za pomocą:

- poziomu mocy akustycznej L_{WA} , określonego także w odniesieniu do poszczególnych częstotliwości środkowych pasm oktawowych
- histogramu godzinowego oddziaływania źródła dźwięku
- poprawki impulsowej źródła dźwięku KI, dB
- poprawki tonalnej KT, dB
- poprawki opisującej wpływ miejsca usytuowania źródła dźwięku $K\Omega$, dB.

Na podstawie siatki punktów geodezyjnych obliczono nieregularny model rzeźby terenu w postaci siatki trójkątów. Tworząc model pokrycia terenu, przyjęto założenie, że współczynnik absorpcji dźwięku α ścian zewnętrznych budynków jest równy 0,21. Badania nu-



Rys. 2. Płaski rzut modelu numerycznego terenu i jego pokrycia (rysunek poglądowy) [7]
 Fig. 2. A flat view of the numerical model of land and its vegetation (exemplary sketch) [7]

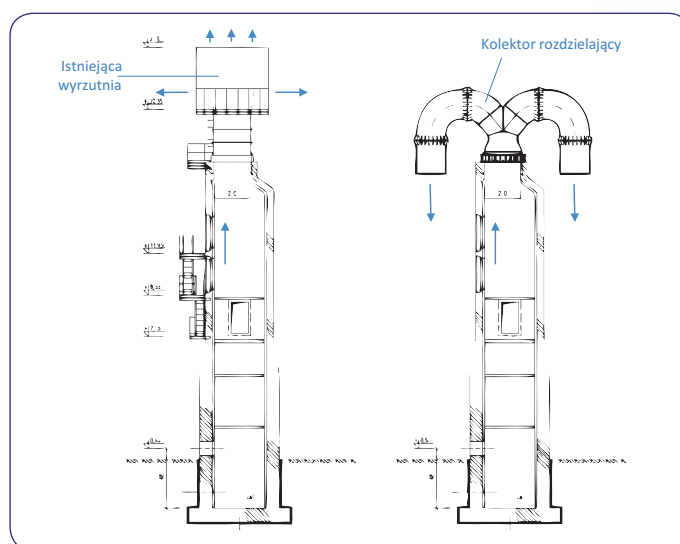
meryczne oparto na PN-ISO 9613-2:2002 [9], stosując do obliczeń metody geometryczne, przyjmując typowe warunki meteorologiczne otoczenia: ciśnienia 1013 hPa, temperatury 10 °C, wilgotności względnej 70%. Obliczenia prowadzono do momentu identyfikacji trzeciego odbicia się fali akustycznej.

Jednym z ważniejszych etapów badań była kalibracja modelu numerycznego, przeprowadzona dla stanu istniejącego [10]. Pod pojęciem kalibracji rozumie się takie dopasowanie parametrów modelu, które zapewnia, że różnice poziomu dźwięku A w tych samych punktach pomiarowych pomiędzy wynikami badań bezpośrednich oraz wynikami badań numerycznych nie przekraczają 2,5 dB [11]. Jedynie wtedy można wykazywać równoważność obu metod badań. Kalibracja modelu numerycznego jest najczęściej długotrwałym i żmudnym procesem, w którym poszukuje się różnic pomiędzy rzeczywistym stanem badanej przestrzeni a jej numeryczną reprezentacją. Różnice te objawiają się często w odwzorowaniu geometrycznych lub materiałowych cech poszczególnych elementów zagospodarowania, jak również w błędnym opisie parametrów akustycznych źródła lub źródeł dźwięku. W przypadku dużych i złożonych modeli różnice wynikają najczęściej z niedokładności obecnie stosowanych technik pomiarowych, problemów z korelacją różnych danych wejściowych, bądź też z potrzeby ograniczenia czasu i kosztów badań. Dla przedstawianego modelu numerycznego różnice poziomu dźwięku A w tych samych punktach pomiarowych pomiędzy wynikami badań bezpośrednich oraz wynikami badań numerycznych wynosiły $\Delta_{LAeq,max} = 0,3$ dB.

Poziom ten zapewnia wystarczającą pewność wnioskowania.

Kolejno w obliczeniach numerycznych określono rozkład pola akustycznego w całej przestrzeni badawczej, w odniesieniu do wysokości 1,5 m nad poziom terenu. Udało się w ten sposób ustalić, że z punktu widzenia propagacji fal akustycznych niezwykle korzystne jest wzajemne usytuowanie sąsiednich budynków, które ograniczają zasięg oddziaływania dźwięku na otoczenie. Określone w badaniach numerycznych poziomy dźwięku okazały się na tyle wysokie, że niemożliwe było ich ograniczenie do poziomów dopuszczalnych, obowiązujących na pobliskich stanowiskach pracy, z użyciem klasycznych środków redukcji. Ze względu na wysokie ciśnienie przepływu strug powietrza ($\sim 0,68 \cdot 10^6$ Pa), a także znaczny przepływ masowy, pominięto koncepcję zabudowy pojedynczego tłumika akustycznego, decydując się na podział źródła na dwa. Uzyskano to stosując symetryczny kolektor rozdzielający strugę powietrza po obu stronach wieży, na której zabudowano wyrzutnię powietrza. Koncepcję takiego rozwiązania, przedstawiono na rys. 3. – strzałki umieszczone na rysunku wskazują kierunek przepływu powietrza.

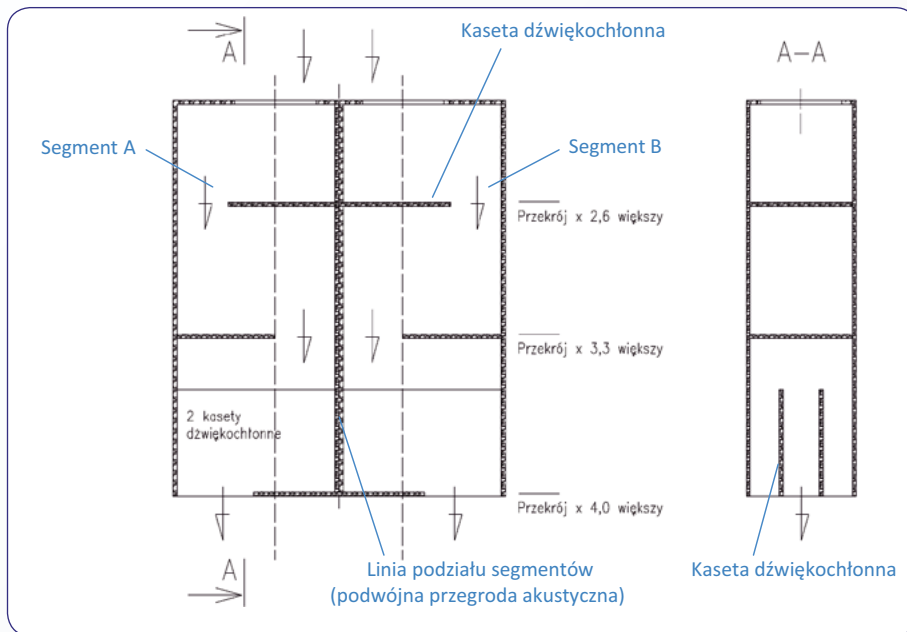
Rozwiązanie zapewniło spadek poziomu dźwięku, ponieważ obniżyło koncentrację mocy akustycznej na jednostkę powierzchni, ze względu na odsunięcie od siebie o ok. 9,0 m zastępczych źródeł dźwięku, powstałych po podziale pierwotnego źródła dźwięku poprzez zabudowę kolektora rozdzielającego. Przeprowadzone badania numeryczne wskazywały, iż problemem w dalszym ciągu był zasięg oddziaływania źródła dźwięku. Dlatego postanowiono obniżyć wysokość



Rys. 3. Zapis koncepcji: wyrzutnia powietrza turbosprężarek przed (rys. po lewej stronie) i po (rys. po prawej stronie) demontażu na wieży istniejącej wyrzutni powietrza i zabudowie kolektora rozdzielającego [7]

Fig. 3. Concept outline: turbocharger's air chute before (fig. to the left) and after (fig. to the right) removal of the tower of the existing air chute and covering the collector [7]

umieszczenia tych źródeł, poprzez zabudowę możliwie długiego tłumika akustycznego, który posiadałby wyrzut powietrza skierowany w kierunku podłoża. Na podstawie kilkakrotnie powtarzanych badań numerycznych ustalono, że istnieje potrzeba obniżenia wysokości umiejscowienia źródeł dźwięku z 19,1 m do blisko 7 m n.p.t. Zgodnie z oczekiwaniami, działanie to przełożyło się pozytywnie na zmianę rozkładu pola akustycznego. Przy tak przyjętych założeniach, stwierdzono w badaniach numerycznych spadek poziomu dźwięku, nawet przy zastosowaniu tłumika o niewielkiej skuteczności, dla którego przenosieliśmy różnicę ciśnienia akustycznego D_{tp5} [12], nie przekraczającą 5 dB. Kolejną kwestią był dobór tłumika i jego parametrów. Dobrym rozwiązaniem wydawał się sprawdzony we wcześniejszych realizacjach tłumik akustyczny typu absorpcyjnego, który zastosowano dotychczas m.in. na wieży szybu 7 Kopalni Węgla Kamiennego „Jankowice” [13, 14]. Zastosowano w nim podział na dwa niezależne segmenty rozdzielające strugę przepływającego powietrza, dzięki czemu po niewielkiej modyfikacji (przeskalowaniu przekroju kanałów tłumika), możliwe stało się zastosowanie go dla układów o przepływie wolumetrycznym powyżej 50 m³/s. Ponadto tłumik ten cechował się przenosieliśmy różnicę ciśnienia akustycznego D_{tp5} przekraczającą 30 dB, niewielkimi oporami przepływu oraz wymiarami gabarytowymi, które dobrze pasowały do przyjętych założeń. Tłumik ten zaprojektowano do zasilania poprzez jedną z bocznych ścian. Dlatego konieczna była jego adaptacja, w tym przede wszystkim zaprojektowanie jego podłączenia do kolektora rozdzielającego od góry tłumika (m.in. celem



Rys. 4. Zapis koncepcji: tłumik akustyczny typu absorpcyjnego [opracowanie własne]
 Fig. 4. Concept outline: acoustic absorption-type silencer [original work]



Rys. 5. Rozkład pola akustycznego [7]: a) przed działaniami korygującymi, b) po działaniach korygujących
 Fig. 5. Spread of acoustic field [7]: a) before correction, b) after correction

ograniczenia oporów przepływu) oraz korekta długości i położenia kaset dźwiękochłonnych w jego wnętrzu. Jednakże zachowana została ogólna idea działania tłumika. Powyższe założenia przedstawiono na rys. 4., na którym strzałkami oznaczono kierunek przepływu powietrza.

Przyjęcie tych założeń spowodowało, że wyrzut powietrza pod dużym ciśnieniem następował na wysokości $\sim 7,0$ m w bezpośredniej bliskości powierzchni silnie odbijających fale akustyczne (bocznych ścian wieży wyrzutni powietrza turbosprężarek, którą to wieżę wykonano z żelbetu metodą ślizgu). Dlatego zdecydowano się dodatkowo na zabudowanie w strefie wylotu (na bocznych ścianach wieży) dodatkowych kaset dźwiękochłonnych, wypełnionych materiałem dobrze pochłaniającym fale akustyczne: $\alpha > 0,85$. Ich położenie wraz z innymi szczegółowymi rozwiązaniami przedstawiono w formie projektu wstępnego (rys. 7.).

Rozkład pola akustycznego, zarówno po, jak i przed rozpoczęciem działań mających na celu ograniczenie emisji hałasu przedstawiono na rys. 5.

Na rys. 5. kolorem granatowym zaznaczono obszary, w których poziom dźwięku A przekracza 85 dB. Dla rozkładu pola akustycznego przed działaniami korygującymi (rys. 5a) poziomy dźwięku A powyżej 85 dB dominują w niemal całej przestrzeni badawczej. Bardzo niewielką przestrzeń obejmuje w tym przypadku kolor zielony, przypisany poziomom dźwięku A poniżej 55 dB. W przypadku rozkładu pola akustycznego po zaproponowanych działaniach korygujących (rys. 5b) dominuje kolor zielony i jasnozielony oraz żółty, które to kolory reprezentują poziomy dźwięku poniżej 70 dB. Znacznie ograniczony został także zasięg oddziaływania dźwięków o poziomach większych od 85 dB, oznaczonych kolorem granatowym. Zasięg ten nie dochodzi już do ścian chronionego budynku, zamykając się izoliną w wąskim obszarze, bezpośrednio w rejonie wieży. Emisji dźwięku nadano jeden, dominujący kierunek, równoległy do frontowej ściany chronionego budynku, co powodowało że rejestrowany poziom dźwięku w bezpośredniej jego bliskości był mniejszy. Uzyskane w punktach pomiarowych Pp1 do Pp4 różnice poziomu dźwięku A, dla wariantu przed i po działaniach korygujących wynoszą od 10,8 dB w punkcie Pp1, do 20,8 dB w punkcie Pp4. Różnice pola obrazowano w postaci barwnej mapy różnic poziomów dźwięku Δ_L na rys. 6. (różnice poziomu dźwięku A dla stanu przed i po podjęciu działań korygujących).

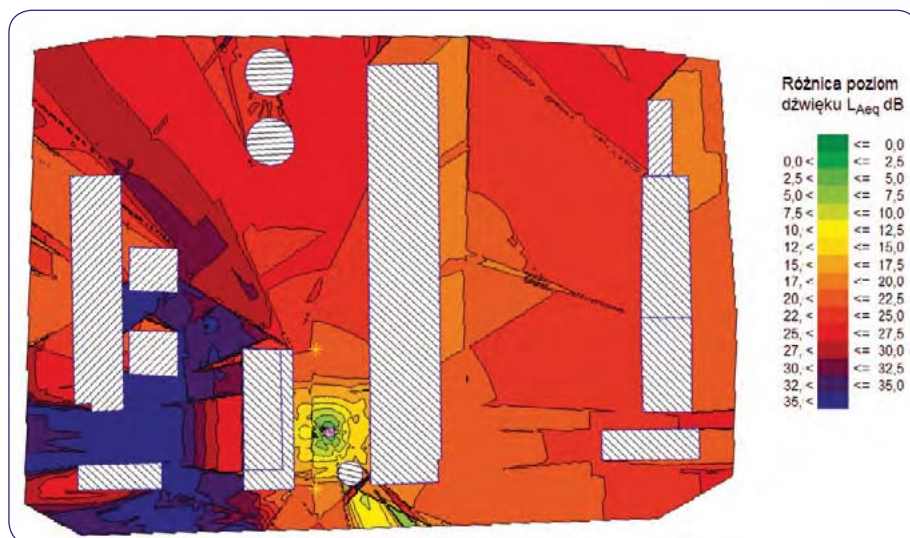
Różnice poziomów dźwięku A przedstawione na rys. 6. nie są stałe w całej przestrzeni badawczej i zmieniają się wraz z odległością od źródła dźwięku. Kolory jasnozielony, żółty, pomarańczowy reprezentują różnice po-

mów dźwięku A poniżej 15,0 dB; natomiast kolor czerwony i granatowy opisują różnice poziomów dźwięku A powyżej 20 dB. Im dalej w przestrzeni badawczej znajduje się obiekt chroniony od źródła dźwięku, tym większych należy spodziewać się różnic w poziomach dźwięku przed i po zakończeniu działań korygujących.

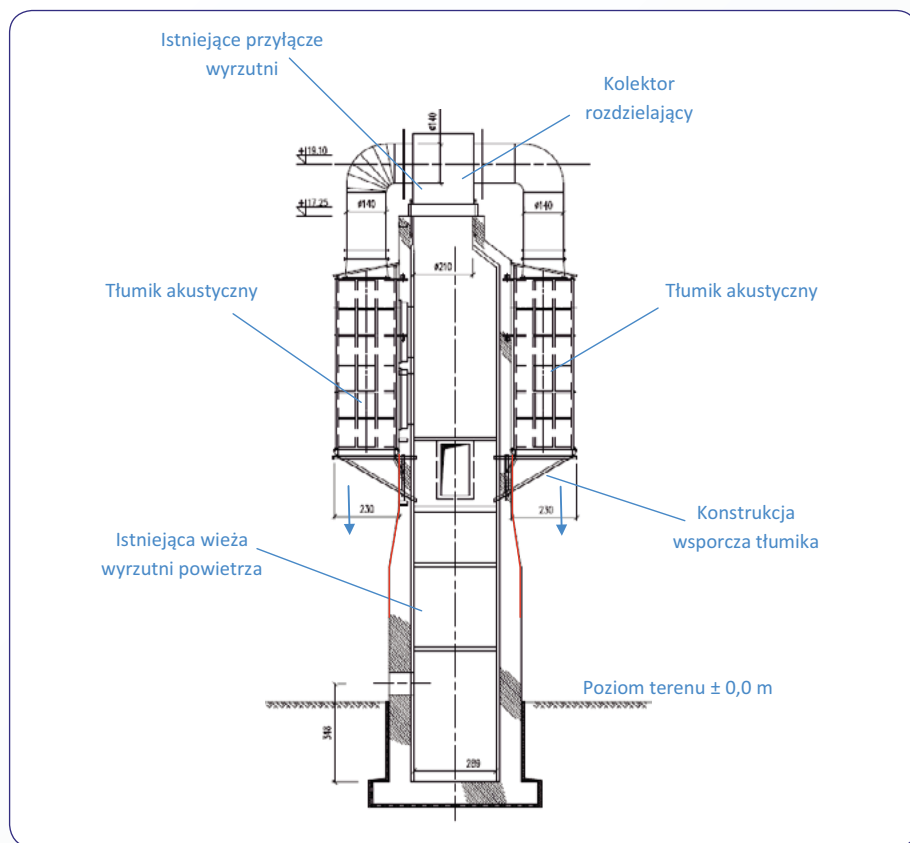
W celu oceny rzeczywistego narażenia osób przebywających w chronionym budynku, gdzie zlokalizowano stanowiska pracy (pomieszczenia biurowe) należy odnieść się do normy PN-N-01307:1994 [1], która określa dopuszczalne poziomy dźwięku na stanowiskach pracy. Dla analizowanej sytuacji dopuszczalny poziom dźwięku A wynosił 55 dB. Natomiast poziom dźwięku A w punkcie pomiarowym Pp2, zlokalizowanym w bezpośredniej bliskości chronionego budynku obliczony na podstawie badań numerycznych przed podjęciem działań korygujących, wynosił $97,7 \pm 2,5$ dB. Uwzględniając zastępczą izolacyjność akustyczną przegrody – ścian zewnętrznych budynku chronionego na poziomie 25,0 dB, to w pomieszczeniach biurowych należy spodziewać się poziomu dźwięku A wynoszącego $72,7 \pm 2,5$ dB. Poziom ten jest przekroczony o $17,7 \pm 2,5$ dB w stosunku do poziomu dopuszczalnego, podanego w normie [1]. Jednakże, w badaniach numerycznych stwierdzono, iż po przeprowadzeniu działań korygujących poziom dźwięku A w punkcie pomiarowym Pp2 spadł o $12,9 \pm 2,5$ dB, wskutek czego poziom dźwięku w chronionym pomieszczeniu wynosił $59,8 \pm 2,5$ dB i był przekroczony jedynie o $4,8 \pm 2,5$ dB w stosunku do poziomu dopuszczalnego. W przypadku długookresowej ekspozycji w przedziale czasu 8 godzin na dobę, różnica poziomów dźwięku A, odczuwalna po zabudowie zaproponowanej koncepcji tłumików, będzie wyraźna i wpłynie na zmniejszenie negatywnych skutków zdrowotnych i funkcjonalnych oddziaływania hałasu na pracowników chronionego budynku (biura).

Projekt wstępny redukcji hałasu

Szczegółowa koncepcja redukcji hałasu określona w obliczeniach numerycznych została przedstawiona na rys. 7. w postaci projektu wstępnego, na którym wymiary podano w centymetrach, zaś poziomy technologiczne opisano w metrach. Znamienne dla niej jest rozdzielanie strug powietrza na dwa tłumiki akustyczne, poprzez kolektor rozdzielający o średnicy \varnothing 1400 mm. Kolektor narażony jest na znaczne siły wynikające z oddziaływania strug powietrza, jak również na naprężenia termiczne. Dlatego pokryto go dwiema powłokami pochłaniającymi fale akustyczne – wewnętrzną i zewnętrzną. Wewnętrzna została wykonana poprzez natrysk powłoki o silnych właściwościach pochłaniających, zewnętrzna – poprzez zastosowanie spraw-



Rys. 6. Różnica poziomów dźwięku A przed i po przeprowadzeniu działań korygujących [7]
Fig. 6. The difference in noise level A before and after correction [7]



Rys. 7. Projekt wstępny redukcji hałasu wyrzutni powietrza turbosprężarek – kolorem czerwonym oznaczono dodatkowe kasety dźwiękochłonne, zabudowane w strefie wylotu powietrza [7]
Fig. 7. The preliminary concept of reducing noise emitted by the air chutes of turbochargers – additional noise-absorbing cassettes, covered in the area of the air exhaust, marked with red color [7]

mineralnej o klasie pochłaniania A (klasa ta definiuje, iż ważony współczynnik pochłaniania dźwięku mieści się w przedziale $\alpha = 0,9 \div 1,0$ wg PN-EN ISO 11654:1999). Konstrukcję kolektora rozdzielającego zaprojektowano tak, by zminimalizować opory przepływu, które mogą negatywnie oddziaływać na pracę turbosprężarek. W koncepcji zastosowano spraw-

dzone rozwiązanie tłumika akustycznego, będącego przedmiotem zgłoszenia patentowego P.38546 [13], które jednak poddano znacznej modyfikacji. Z uwagi na konieczność m.in. obniżenia wysokości umiejscowienia źródła dźwięku, w tłumiku zmieniono miejsce lokalizacji wlotu powietrza z instalacji turbosprężarki. Ponadto, ze względu na znaczne ciśnienie strug powietrza

zaistniała potrzeba wzmocnienia konstrukcji pierwszej linii kaset dźwiękochłonnych, z uwagi na powstające w nich znaczne naprężenia. Zastosowano także elastyczne połączenie kolektora z tłumikiem tak, by nie następowało przenoszenie obciążeń zarówno na konstrukcję kolektora, jak i konstrukcję tłumika – zwłaszcza w chwili nagłego zrzutu powietrza z instalacji turbosprężarek, podczas którego następuje znaczne uderzenie hydrauliczne.

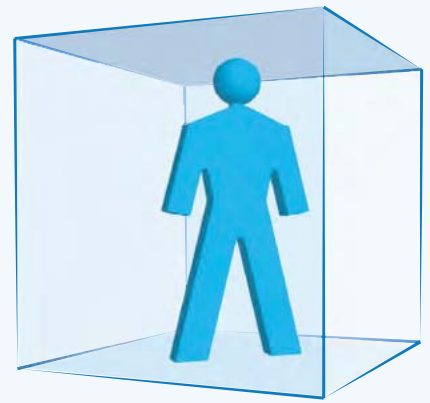
Podsumowanie

Skuteczna redukcja hałasu zawsze wymaga stosowania badań, w tym badań bezpośrednich i badań numerycznych. Dobór geometrycznych i materiałowych cech konstrukcyjnych zabezpieczeń przeciwhałasowych może być realizowany jedynie na podstawie badań numerycznych. Badania te, podobnie jak w rozpatrywanym przykładzie mogą być realizowane z użyciem metod geometrycznych i w zakresie badań obiektów przemysłowych powinny być oparte na standardzie opisanym w PN-ISO 9613-2:2002 [9]. Istotnym ich etapem, jest kalibracja modelu, bez której niemożliwe jest zapewnienie wiarygodności wyników obliczeń numerycznych.

Projektując zabezpieczenia należy mieć na uwadze, iż zasięg emitowanego hałasu uzależniony jest w znacznej mierze od wysokości umiejscowienia źródła dźwięku, a także jego lokalizacji względem płaszczyzn odbijających fale akustyczne, z uwagi na kierunkowość oddziaływania źródła dźwięku. Ponadto korzystne jest podzielenie źródeł dźwięku na dwa lub więcej, gdyż najczęściej pozwala to na zmniejszenie koncentracji mocy akustycznej na jednostkę powierzchni – co jest możliwe dzięki odseparowaniu (odsunięciu na większą odległość) od siebie źródeł dźwięku, po ich podziale. Takie działanie niejednokrotnie pozwala na zmniejszenie zakresu inwestycji i uzyskanie znacznej redukcji poziomu dźwięku. Stąd w rozpatrywanym przykładzie zastosowano kolektor rozdzielający strugi powietrza na dwa tłumiki akustyczne, typu absorpcyjnego. Jednakże projektując podobne układy, należy mieć na uwadze, by podobnie jak w przedstawionym rozwiązaniu, unikać przeniesienia jakichkolwiek obciążeń z kolektora na tłumiki i odwrotnie. Dzięki zastosowanemu rozwiązaniu technicznemu, możliwe stało się ograniczenie poziomu dźwięku A w punkcie Pp2 o $12,9 \pm 2,5$ dB, wskutek czego poziom dźwięku A w chronionym budynku spadł z $72,7 \pm 2,5$ dB do poziomu $59,8 \pm 2,5$ dB. Pomimo zastosowania innowacyjnych rozwiązań technicznych, nie było jednak możliwości całkowitej eliminacji przekroczeń dopuszczalnego poziomu dźwięku A na stanowiskach pracy w chronionym budynku. Niestety w odniesieniu do niektórych źródeł dźwięku, już na etapie badań numerycznych staje się oczywiste, że pomimo zastosowania najnowszych technik, licznych metod i środków redukcji, nie możliwe jest ograniczenie emisji dźwięku do poziomów dopuszczalnych. W przypadku braku możliwości osiągnięcia wymaganej redukcji hałasu oraz gdy przekroczenia występują w otaczającym środowisku, możliwe jest wprowadzenie tzw. obszarów ograniczonego użytkowania, które mają swoją podstawę prawną w art. 135 POŚ [15].

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-N-01307:1994 *Hałas. Dopuszczalne wartości parametrów hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów*
- [2] Pierchała M. *Niskoemisyjny akustycznie system wentylacji obiektów o znaczeniu strategicznym*. „Maszyny Górnicze” 2011, 1: 44-47
- [3] Českin M. S. *Człowiek i hałas*. PWN, Warszawa 1972
- [4] Crocker M. *Handbook of noise and vibration control*. John Wiley & Sons Inc., New Jersey 2007
- [5] Engel Z., Zawieska W.M. *Hałas i drgania w procesach pracy*. CIOP-PIB, Warszawa 2010
- [6] Pierchała M., Augustyn A. *Zastosowanie modelowania pól akustycznych w zwalczaniu ponadnormatywnej emisji dźwięku*. „Maszyny Górnicze” 2010, 3-4: 133-138
- [7] Pierchała M. *Analiza akustyczna nr W53.068LA*. KOMAG, Gliwice 2012 r. (niepublikowana)
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody. DzU z 2008 r. nr 206, poz. 1291
- [9] PN-ISO 9613-2:2002 Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczania
- [10] Golaś A. *Metody komputerowe w akustyce wnętrza i środowisku*. AGH, Kraków 1995
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem. DzU z 2011 r. nr 140, poz. 824
- [12] PN-EN ISO 11820:2000 Akustyka. Pomiar tłumików hałasu w miejscu zainstalowania
- [13] Pierchała M. *Tłumik hałasu czerpni i wyrzutni powietrza do współpracy z wentylatorami dużej mocy*. Zgłoszenie patentowe P.385546. UPRP, Warszawa 2008
- [14] Augustyn A., Pierchała M. *Tłumik hałasu emitowanego przez układy wentylacji dużej mocy*. „Bezpieczeństwo Pracy” 2010 462 3: 28-30
- [15] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. DzU z 2008 r. nr 25, poz. 150 z późn. zm.



BeHaPe

XVII Targi Bezpieczeństwa, Higieny Pracy i Ochrony Przeciwpożarowej
10-12 marca 2015 Katowice

Do końca września preferencyjne warunki uczestnictwa!
Zapraszamy do udziału w targach!



W programie m.in.:

- spotkania z fachowcami
- prezentacje własne firm
- wykłady tematyczne
- porady ekspertów
- liczne pokazy, szkolenia i warsztaty
- premiera innowacyjnego projektu interaktywnego

methalive®

szczegóły na stronie www.targow

- finał ogólnopolskiej kampanii „Bezpieczeństwo pracy zależy od Ciebie” organizator PAŃSTWOWA INSPEKCJA PRACY Okręgowy Inspektorat Pracy w Katowicach

www.behape.fairexpo.pl



Centrum Targowe FairExpo Sp. z o.o.
 ul. Bytkowska 1B, 40-955 Katowice
 tel. (+48) 32 728 15 33, (+48 32) 664 080 291
 behape@fairexpo.pl



Patronat Honorowy

