

Lokalizacja źródeł hałasu w koparko-ładowarce przy pomocy kamery akustycznej

Wiesław Fiebig, Piotr Cependa

1. Wstęp

Maszyny budowlane cechują się wysokimi poziomami hałasu zewnętrznego, który bardzo często nie zagraża operatorom tych maszyn – ponieważ hałas w kabinach zazwyczaj jest obniżony do warunków normowych. Natomiast hałas na zewnątrz tych maszyn bardzo często przekracza wartości normowe i zagraża osobom znajdującym się w bezpośrednim ich sąsiedztwie. Skuteczna redukcja hałasu maszyn możliwa jest tylko wówczas, gdy ustalone zostanie, jakie źródła hałasu dominują w procesie powstawania. Stąd lokalizacja głównych źródeł hałasu maszyn jest zagadnieniem kluczowym dla ustalenia metod redukcji.

2. Źródła hałasu w koparko-ładowarce

Podstawowym źródłem powodującym hałas w maszynach jest bardzo często silnik spalinowy. Dynamiczne obciążenia spowodowane wybuchowym spalaniem mieszanki paliwowo-powietrznej powodują powstawanie wibracji, które przenieszone są na obudowę silnika i powodują powstawanie hałasu. Dodatkowymi przyczynami są uderzeniowy charakter pracy tłoków oraz praca układu rozrządu. Elementy wyposażenia silnika, takie jak turbosprężarka, również generują hałas. Częstotliwościami dominującymi w hałasie pochodzącym od silników spalinowych są częstotliwości pracy cylindrów związane z prędkością obrotową wału korbowego.

Również elementy hydrauliczne i układy hydrauliczne mogą być źródłem hałasu o wysokich poziomach. Głównymi elementami wytwarzającymi hałas są pompy i silniki hydrauliczne. Głównymi przyczynami powstawania hałasu pomp i silników hydraulicznych są szybkie zmiany ciśnienia od ciśnienia ssania do ciśnienia tłoczenia i na odwrót, występujące podczas procesów przesterowania. Czynniki wpływającymi na intensywność generowanego hałasu są również parametry pracy układu

Streszczenie: W maszynach budowlanych i górniczych można rozróżnić wiele różnych źródeł hałasu. Ich lokalizacja jest kluczowa w celu opracowania metod redukcji emitowanego hałasu. W artykule przedstawiono metodę identyfikacji źródeł hałasu przy użyciu kamery akustycznej na przykładzie maszyny MECALAC.

Słowa kluczowe: kamera akustyczna, lokalizacja źródeł hałasu, maszyny budowlane

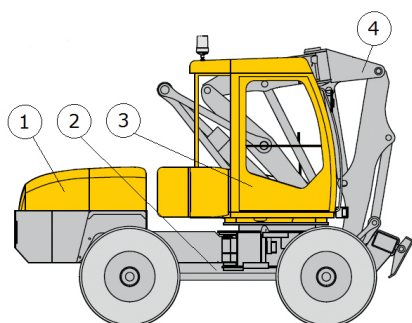
Abstract: There are many noise sources in mining machinery and construction equipment, which influence the level of acoustic power emitted to environment. The knowledge about main noise sources is essential in noise reduction. In this paper the method of identification of noise sources using acoustic camera on the example of excavator MECALAC is presented.

hydraulicznego, takie jak ciśnienie ssania, ciśnienie tłoczenia, ale również kawitacja oraz pulsacja ciśnienia.

3. Opis badanej maszyny

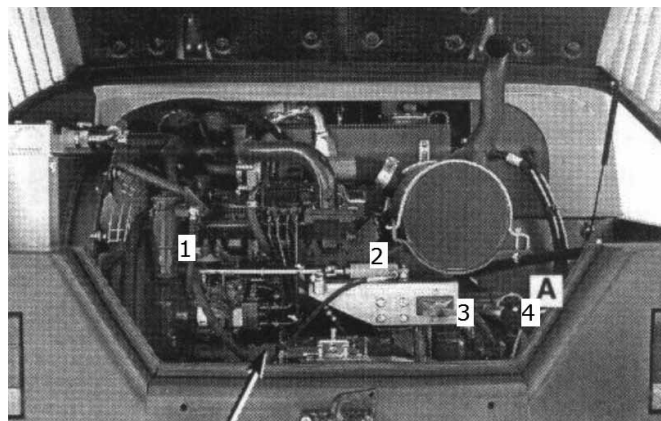
Do badań wybrano uniwersalną maszynę kołową MECALAC 12 MXT. Jej schemat przedstawia rys. 1.

Rys. 2 przedstawia schematyczne rozmieszczenie podzespołów, które emitują dźwięk o najwyższym poziomie: silnika spalinowego oraz pomp układu hydraulicznego.



1. Komora silnika.
2. Układ napędowy z silnikiem hydraulicznym przekazującym napęd na koła.
3. Kabina operatora.
4. Układ roboczy – wysięgnik wraz z siłownikami hydraulicznymi.

Rys. 1. Schemat koparko-ładowarki MECALAC z wyszczególnionymi głównymi jej elementami



1. Silnik spalinowy; 2. Sprzęgło; 3. Hydrauliczna pompa jazdy; 4. Hydrauliczna pompa robocza

Rys. 2. Umieszczenie podzespołów maszyny w komorze silnika

4. Metoda pomiaru

Do lokalizacji źródeł hałasu zastosowano kamerę akustyczną Noise Inspector. Pozwala ona na konwersję emisji dźwięku do postaci obrazu. Dzięki wizualizacji poziomów dźwięku na zdjęciu lub filmie wideo możliwa jest szybka lokalizacja źródeł hałasu. Przy zastosowaniu kamery akustycznej można lokalizować zarówno źródło dźwięku, jak i poziom hałasu przez nie generowanego.

Kamera składa się z matrycy mikrofonowej, kamery wideo wbudowanej w matrycę oraz modułów do przetwarzania obrazu i sygnału. Całość współpracuje z oprogramowaniem zainstalowanym na komputerze przenośnym.

Matryca kamery jest jednokierunkowa, tzn. wszystkie mikrofony znajdują się w tej samej płaszczyźnie i skierowane są w tę samą stronę. W takim wypadku najlepiej sprawdzają się pomiary powierzchni zbliżonych do płaskich, a pomiar odbywa się w kierunku prostopadłym.

5. Wyniki pomiarów

Pomiary wykonane były na otwartej przestrzeni w celu uniknięcia zakłóceń od odbicia fal akustycznych od elementów otoczenia. Pomiar był wykonywany w odległości 5 m i 10 m. Maszyna była badana podczas pracy bez obciążenia na biegu jałowym i dla prędkości obrotowych 1700 obr/min i 2150 obr/min oraz podczas kopania ziemi z gruzem przy zmiennej prędkości obrotowej silnika. Dodatkowo wykonano pomiary przy otwartej osłonie komory silnika.



Rys. 3. Zestaw do pomiaru poziomu dźwięku z kamerą akustyczną



Rys. 4. Maszyna podczas pracy jałowej - strona prawa $n = 1700$ obr/min, odległość 10 m, zakres częstotliwości: 340–2800 Hz



Rys. 5. Maszyna podczas pracy jałowej - strona prawa $n = 2150$ obr/min, odległość 10 m, zakres częstotliwości: 340–2800 Hz

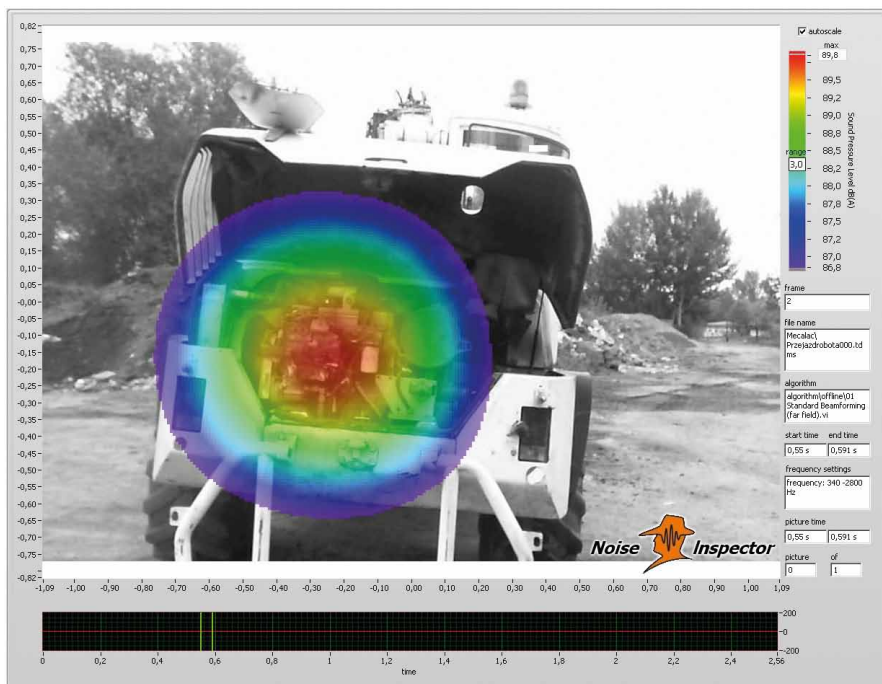
Na rysunkach 4 oraz 5 przedstawiono prawą stronę maszyny. Zdjęcia zostały wykonane z odległości 10 m, dla prędkości obrotowych 1700 obr/min oraz 2150 obr/min. Różnica między poziomami dźwięku dla 2150 obr/min i 1700 obr/min wynosi 12 dB(A). Maksymalny poziom dźwięku wynosi 85 dB(A).

Rysunek 6 przedstawia lewy bok maszyny podczas pracy jałowej przy prędkości obrotowej 2150 obr/min. Maksymalny poziom dźwięku to 88 dB(A).

Rysunek 7 przedstawia tył maszyny przy otwartej pokrywie komory silnika. Poziom dźwięku osiąga wartości bliskie 90 dB(A). Jest to wartość o ok. 5 dB(A)



Rys. 6. Maszyna podczas pracy jałowej – strona lewa $n = 2150$ obr/min, odległość 10 m, zakres częstotliwości: 340–2800 Hz



Rys. 7. Maszyna podczas pracy jałowej – tył maszyny odległość 5 m, $n = 2150$ obr/min, zakres częstotliwości: 340–2800 Hz

wyższa niż średnie najwyższe wartości poziomu dźwięku. Pokazuje to, że skuteczność osłony silnika dla redukcji hałasu jest stosunkowo niska.

Rysunki 8 oraz 9 przedstawiają maszynę podczas kopania. Prędkość obrotowa silnika jest dostosowana do obciążenia i waha się w przedziale 1500–2000 obr/min. Układ hydraulicz-

ny jest obciążony. Na rysunku 8 widać, że hałas o najwyższym poziomie jest generowany z komory silnika i osiąga wartość 83,5 dB(A). Jest to wartość niższa od występujących dla prędkości obrotowych 2150 obr/min i pracy jałowej maszyny. Prędkości obrotowe silnika są jednak niższe od maksymalnych, co wskazuje na to, że hałas od silnika dominuje nad

hałasem generowanym przez inne podzespoły maszyny. Rysunek 9 pokazuje prawą stronę maszyny podczas kopania ziemi wymieszanej z gruzem. Źródło dźwięku o najwyższym poziomie w tym przypadku jest zlokalizowane w okolicach łyżki ładowarki i spowodowane jest to uderzaniem większych elementów gruzu o stalową łyżkę. Poziom dźwięku osiąga wartość 101 dB(A).

6. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają, że głównym źródłem hałasu w koparko-ładowarce jest silnik spalinowy. Na zdjęciach przedstawiających tylną część maszyny wyraźnie widać, że główne źródło hałasu znajduje się w lewej części komory.

Dla biegu jałowego i prędkości obrotowej 1700 obr/min poziom dźwięku wynosił ok. 65 dB(A). W miarę wzrostu prędkości obrotowej silnika poziom dźwięku znacznie wzrastał i dla 2150 obr/min wynosił ok. 85 dB(A). Wyniki pomiarów były zbliżone bez względu na ustawienie maszyny (prawy i lewy bok oraz tył) oraz bez względu na odległość pomiarową (5 m lub 10 m).

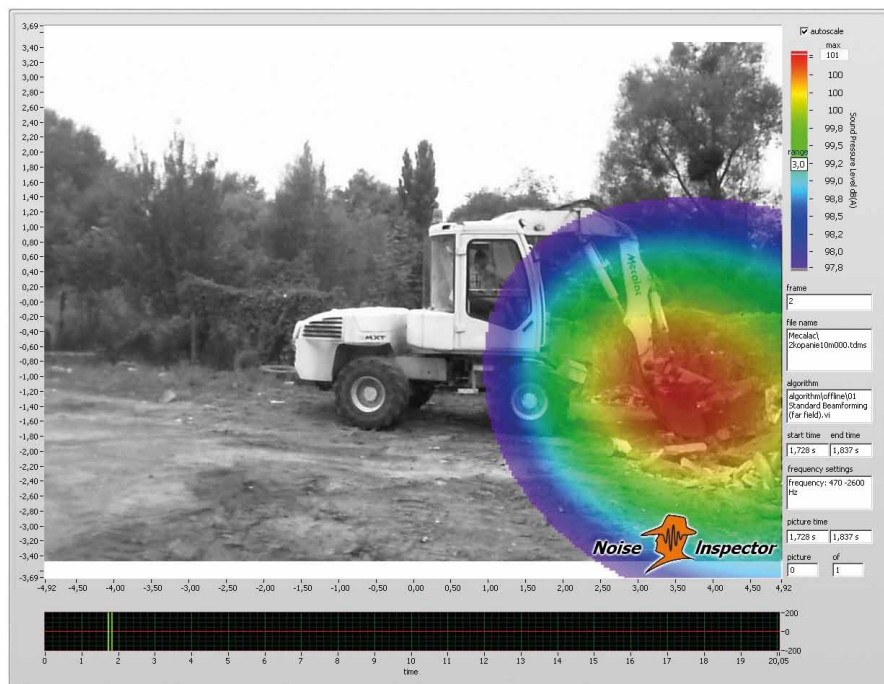
Pomiary przy otwartej obudowie komory silnika wykazały, że poziom hałasu jest średnio o 5 dB(A) wyższy w porównaniu do pomiaru z obudową zamkniętą. Można więc stwierdzić, że obudowa silnika nie zapewnia wystarczającej izolacyjności akustycznej i na skutek tego hałas silnika wydobywa się na zewnątrz i stwarza zagrożenie dla osób przebywających w otoczeniu maszyny.

Jeden z pomiarów podczas pracy maszyny (nabieranie urobku) wykazał, że hałas o najwyższych poziomach do 100 dB(A) pochodził z okolic łyżki ładowarkowej maszyny. Hałas ten występował podczas załadunku ziemi z gruzem i był efektem uderzania dużych kamieni o metalową łyżkę. Wynik ten wskazuje, że przy niektórych funkcjach, jak np. załadunek twardego kruszywa lub kucie betonu, hałas generowany przez maszynę może znacznie przekraczać wartości maksymalne emitowane przez pracujący silnik.

Badania wskazują, że maszyny budowlane mogą generować stosunkowo wysokie poziomy hałasu zewnętrznego. Stwarzają zagrożenie dla osób przebywających w ich sąsiedztwie. Maszyny te



Rys. 8. Maszyna podczas kopania – strona lewa odległość 10 m, zakres częstotliwości: 500–850 Hz




Rys. 9. Maszyna podczas kopania – strona prawa odległość 10 m, zakres częstotliwości: 470–2600 Hz

pracują również często wewnątrz osiedli mieszkaniowych lub w miejscach o dużym natężeniu ruchu pieszych. Istnieje potrzeba opracowania metod redukcji hałasu zewnętrznego emitowanego przez maszyny budowlane oraz pracujące w przemyśle wydobywczym. Dalsze badania będą prowadzone dla innych maszyn roboczych, w tym maszyn ko-

palnianych, w celu określenia głównych źródeł hałasu oraz opracowania metod redukcji hałasu, np. poprzez zaprojektowanie obudów o lepszej izolacyjności akustycznej, zastosowanie tłumików akustycznych i innych metod redukcji hałasu.

Literatura

- [1] ENGEL Z.: *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
- [2] FIEBIG W., GÓRNY M.: *Noise sources localization in loading machine with sound intensity method*. Konferencja SIMP – Maszyny i pojazdy dla budownictwa i górnictwa skalnego, Wrocław 20–21.09.2012.
- [3] CHWASTEK S., MICHAŁOWSKI S.: *Redukcja obciążeń dynamicznych nieresorowanych maszyn na podwoziach kołowych*. Czasopismo Techniczne „Zeszyt Mechanika” 1-M/2006, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2006, ss. 71–80.
- [4] BORKOWSKI W., KONOPKA S., PROCHOWSKI L.: *Dynamika maszyn roboczych*. WNT, Warszawa 2005.
- [5] Hald J.: *STSF – A Unique Technique for Scan-based Nearfield Acoustic Holography without Restrictions on Coherence*. Brüel&Kjaer Technical Review, 1988.
- [6] CHRISTENSEN J.J., HALD J.: *Beamforming*. Brüel&Kjaer Technical Review, 2004.
- [7] Broszury informacyjne firmy Mecalac Polska Sp. z o.o.

 **Wiesław Fiebig, Piotr Cependa** – Politechnika Wrocławska, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
e-mail: wieslaw.fiebig@pwr.wroc.pl, piotr.cependa@pwr.wroc.pl

artykuł recenzowany

reklama

