

Rafał BURDZIK¹, Grzegorz ŚMIGALSKI

METODY ZWALCZANIA HAŁASU KOMUNIKACYJNEGO – BADANIA EKSPERYMENTALNE SKUTECZNOŚCI EKRANU AKUSTYCZNEGO

Streszczenie. W artykule podjęto próbę analizy skuteczności ekranu akustycznego na przykładzie ekranów akustycznych zlokalizowanych w pobliżu autostrady A4. Badania wykonano na podstawie pomiarów redukcji poziomu hałasu komunikacyjnego przez określony ekran akustyczny. Wykorzystanie ekranów akustycznych do zwalczania hałasu nie jest jedyną znaną metodą. Wybór metody zależy m.in. od możliwości finansowych oraz zagospodarowania terenu.

Słowa kluczowe. Ekran akustyczny, hałas komunikacyjny, redukcja hałasu.

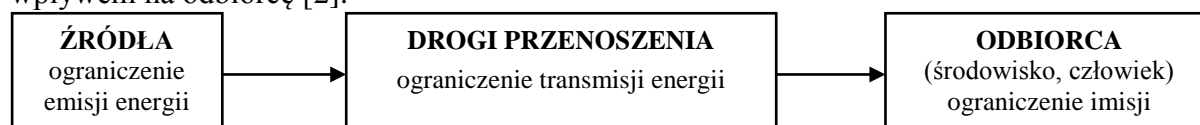
ANTI-NOISE METHODS IN TRANSPORT – ACOUSTIC SCREEN EFFECTIVENESS EXPERIMENTAL RESEARCH

Summary. An attempt to analyse the effectiveness of the acoustic screen on an example of the acoustic screens at the A4 highway has been made in this article. The research has been made basing on measurement of the specific acoustic screen's traffic noise reduction. Anti-noise usage of acoustic screens is not the only known method. The choice of methods is based on variables such as financial possibilities or terrain management.

Keywords. Acoustic screen, traffic noise, noise reduction.

1. METODY ZWALCZANIA HAŁASU

Ograniczenie zagrożeń wibroakustycznych polega przede wszystkim na ich zwalczaniu u źródeł. Zakres metod redukcji zagrożeń drganiami i hałasem u źródeł można pogrupować według kolejnych etapów. Optymalizacja ma miejsce już na etapie projektowania i konstruowania według kryterium minimalizacji emisji energii w formie wibroakustycznej, następnie poprzez precyzyjną kontrolę poprawności w fazie produkcji maszyn i urządzeń. Jednak nie zawsze możliwe jest stosowanie wyżej wymienionych metod, dlatego istotne jest zidentyfikowanie dróg przenoszenia energii wibroakustycznej oraz określenie wartości tej energii podczas eksploatacji maszyny, co wiąże się to z ograniczeniem emisji hałasu i jego wpływem na odbiorcę [2].



Rys. 1. Schemat postępowania w celu ograniczenia zagrożeń wibroakustycznych [2]

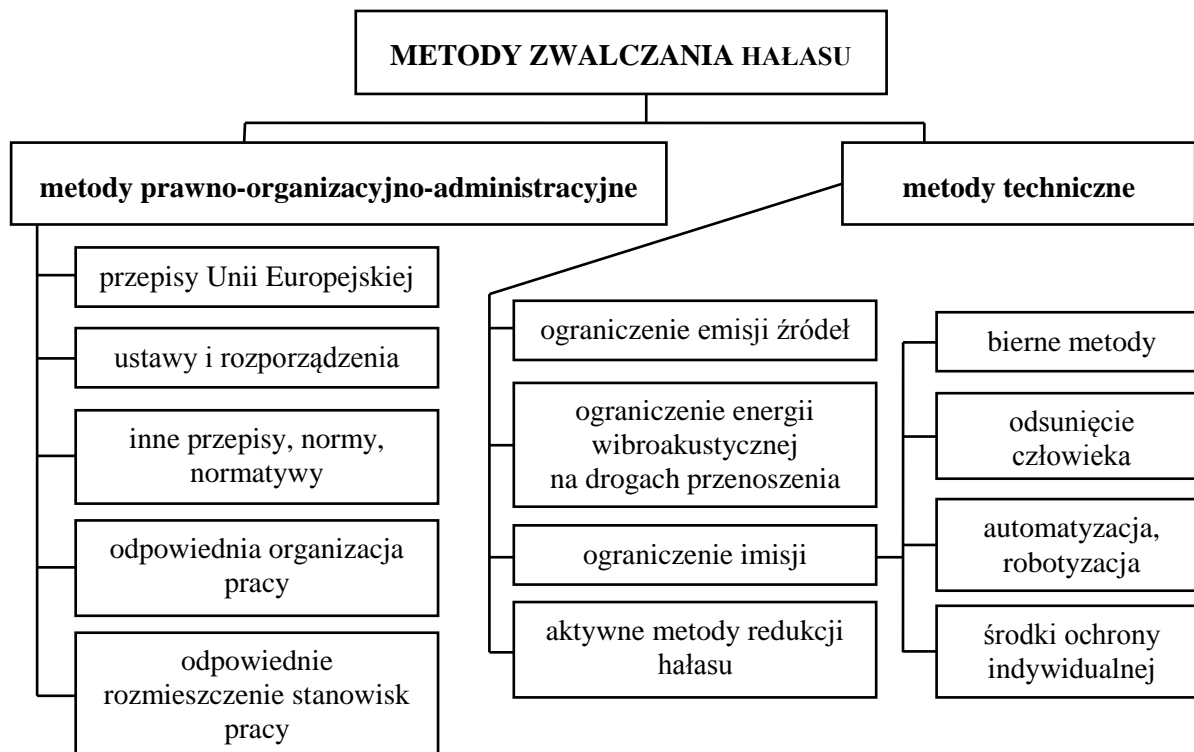
Fig. 1. Conduct scheme to limit vibro-acoustic threats [2]

¹ Faculty of Transport, The Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, e-mail: rafal.burdzik@polsl.pl

Sposoby i metody obniżania poziomu hałasu w środowisku można podzielić na dwie grupy:

- metody i sposoby administracyjno-prawne,
- metody i sposoby techniczne.

Na rysunku 2 przedstawiono wymieniony wyżej podział metod i sposobów obniżania poziomu hałasu.



Rys. 2. Podział metod zwalczania hałasu [2]

Fig. 2. Classification of anti-noise methods [2]

Sposoby ograniczania emisji oraz imisji hałasu są nazywane metodami biernymi zwalczania hałasu. Metody bierne są wykorzystywane jako czynnik doraźny i opierają się na wykorzystywaniu odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych, budowlanych, obejmujących wprowadzenie między źródło zakłóceń a miejsce wymagające ochrony odpowiednich zabezpieczeń, np. przegród budowlanych, osłon, ekranów. Optymalną metodą zmniejszenia zagrożenia hałasem w środowisku jest działanie kompleksowe, poprzez zastosowanie zarówno metod technicznych, jak i metod administracyjno-prawnych [2]. Przykładem analizy źródeł hałasu w postaci przekładni zębatej jest opracowanie [9]. Kompleksowa analiza zagrożeń środowiskowych wynikających z funkcjonowania przemysłu ciężkiego została opisana w [8].

1.1. Ekran akustyczny

Ekran akustyczny to naturalna lub sztuczna przeszkoda na drodze propagacji fal dźwiękowych, między źródłem a obszarem odbioru, będącym miejscem chronionym przed oddziaływaniem hałasu. Podstawowym celem ekranu akustycznego jest wytworzenie cienia akustycznego, tj. obszaru, do którego nie docierają ze źródła dźwięku bezpośrednio fale akustyczne [2]. Podstawowym zadaniem ekranu jest zapewnienie dostatecznej izolacyjności akustycznej. Warunek ten jest spełniony wówczas, gdy poziom dźwięku przechodzącego przez przegrodę jest niższy o 10 dB w stosunku do poziomu dźwięku odpowiadającego fali

ugiętej wokół górnej i bocznej krawędzi ekranu [1].

Dźwiękoizolacyjność ekranu akustycznego jest zależna od masy przypadającej na metr kwadratowy powierzchni oraz od jego konstrukcji. Osiągnięcie nieskończonej izolacyjności ekranu jest niepotrzebne, należy określić wystarczającą izolacyjność, tzn. taką, która uniemożliwi pogorszenie efektywności ekranowania nie więcej niż o 1 dB. Zasadniczo efektywność ekranowania nie ulegnie pogorszeniu więcej niż o 1 dB, jeżeli wartość izolacyjności ekranu przewyższa skuteczność ekranowania dla fal ugiętych przynajmniej o 6dB [2].

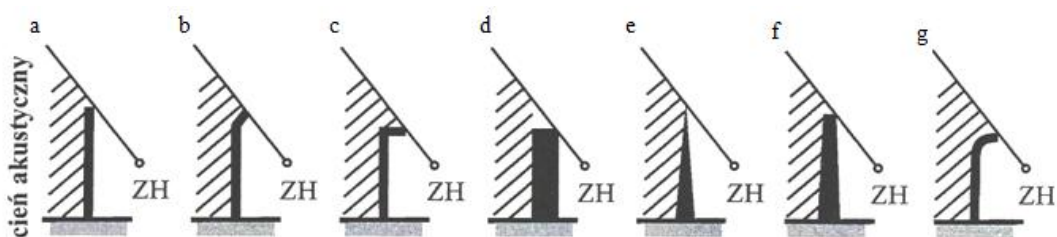
Hałas przed i za ekranem różni się nie tylko głośnością, ale także i barwą. Za ekranem dźwięk jest „głuchy” i „miękki”, albowiem do strefy cienia akustycznego przenikają zwłaszcza składowe o małych częstotliwościach (o znacznych długościach fali). W hałasie pojazdów ciężkich przeważają składowe o małych częstotliwościach, tymczasem w pojazdach lekkich składowe o dużych częstotliwościach, dlatego za ekranem słychać głównie samochody ciężarowe i autobusy. W związku z tym, im większa długość fali, tym zjawisko dyfrakcji jest bardziej odczuwalne. Można zatem stwierdzić, że im fala akustyczna jest dłuższa, tym łatwiej „omija” przeszkodę [5].

Podział ekranów akustycznych ze względu na możliwość ochrony budowli i społeczności przed hałasem komunikacyjnym dzielimy na:

- elementy dźwiękochłonna-rozpraszające (zielen, małe elementy budowlane),
- elementy ekranizujące sztuczne (np. ekrany, budynki) i naturalne (np. wzgórza),
- elementy dźwiękochłonna-odbijająco-ekranujące (np. nasypy pokryte zielenią) [6].

Podział ekranów ze względu na kształt przekroju poprzecznego (rys. 3):

- pionowe,
- pionowe nadwieszane,
- poziome,
- prostopadłościennne,
- klinowe,
- trapezowe,
- cylindryczne lub łukowe [7].



Rys. 3. Rodzaje ekranów ze względu na kształt przekroju poprzecznego: a – pionowe, b – pionowe nadwieszane, c – poziome, d – prostopadłościennne, e – klinowe, f – trapezoidalne, g – cylindryczne lub łukowe [1]

Fig. 3. Classification of screens based on the cross-section shape: a – vertical, b – vertical overhanged, c – horizontal, d – cuboidal, e – wedge-shaped, f – trapezoidal, g – cylindrical or curved [1]

Przy projektowaniu zabudowy ekranów akustycznych w otoczeniu tras komunikacyjnych należy uwzględnić nie tylko parametry techniczne (np. wielkość tłumienia), ale również elementy architektoniczno-estetyczne, które mogą mieć pozytywny lub negatywny wpływ na otoczenie [3].

Rodzaj zastosowanego ekranu powinien być również zdeterminowany ukształtowaniem

terenu oraz charakterem otaczającej zabudowy. Zasadniczymi zadaniami przy projektowaniu ekranów akustycznych są wyznaczenie geometrii ekranu oraz jego usytuowanie względem źródła i odbiorcy, na podstawie wymaganej efektywności akustycznej ekranu. Poza tym należy pamiętać również o: warunkach atmosferycznych, klasie szlaku komunikacyjnego, kosztach ekranów i ich zabudowy [1].

2. LOKALIZACJA PUNKTÓW POMIAROWYCH

Pomiary redukcji hałasu przez ekran akustyczny wykonano w dwóch punktach pomiarowych. Punkty te zlokalizowane są w Katowicach. Punkt 1 usytuowany jest w pobliżu zbiorników wodnych, w Dolinie Trzech Stawów (rys. 4). Droga i ekran akustyczny w tym punkcie usytuowane są na nasypie. W pierwszym punkcie pomiarowym znajdował się ekran wolnostojący o pionowym kształcie przekroju poprzecznego, typu „zielona ściana” (rys. 5).

Wpływ na skuteczność ekranów akustycznych ma także ich długość. Każda przerwa w ekranie zmniejsza jego skuteczność, dlatego każde przejście poza ekran powinno być zaprojektowane „na zakładkę” (rys. 5) lub w formie drzwi [4].



Rys. 4. Teren chroniony przez ekran akustyczny w punkcie 1
Fig. 4. Terrain protected by the anti-noise screen described at point 1



Rys. 5. Ekran akustyczny w punkcie 1, typu „zielona ściana”
Fig. 5. Anti-noise screen described at point 1, “green wall” type

W punkcie 2 ekran akustyczny usytuowany jest w pobliżu osiedla Witosa w Katowicach. Jego zadaniem jest ochrona mieszkańców osiedla przed nadmiernym hałasem drogowym, jaki

generują pojazdy poruszające z dużą prędkością po autostradzie A4. Ekran ten stanowi uzupełnienie sztucznego nasypu (rys. 6). Rodzaj ekranu, ze względu na kształt przekroju poprzecznego to pionowo nadwieszony. Ekran ten wykonany jest z blachy perforowanej.



Rys. 6. Ekran akustyczny z blachy perforowanej w punkcie 2

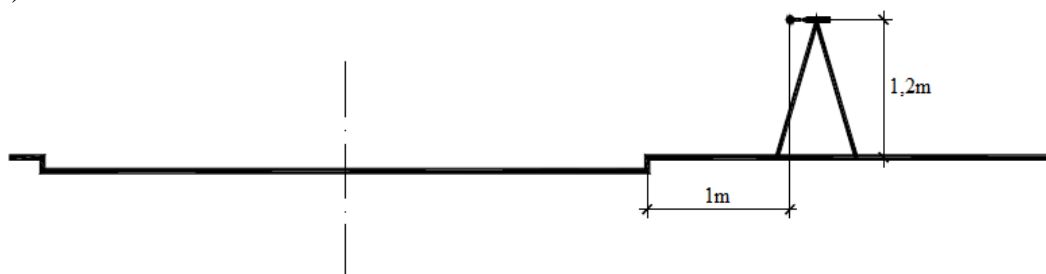
Fig. 6. Anti-noise screen made of perforated sheet metal described at point 2

3. METODYKA BADAŃ

Badania eksperymentalne skuteczności ekranu akustycznego wykonano jako pomiar poziomów ciśnienia akustycznego przed i za ekranem, w następujących odległościach za ekranem: 1 m, 5 m, od 10 m do 50 m, z odstępami co 10 m. Do pomiarów wykorzystano całkujący miernik poziomu dźwięku IM 10. Dokładność użytego miernika wynosi $\pm 0,7$ dB, klasa dokładności 1.

W celu przystosowania wrażliwości przyrządu pomiarowego do wrażliwości zmysłu słuchu człowieka, zastosowano filtr o korekcji A. Miernik umieszczono $1,2 \pm 0,1$ m nad poziomem nawierzchni i skierowano prostopadle do osi przemieszczania się samochodów (rys. 7).

Podczas pomiarów pogoda była słoneczna, bez opadów deszczu. Wiatr nie przekraczał $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a temperatura powietrza była wyższa niż 5°C . Przeprowadzane pomiary hałasu wykonywano właśnie w takich warunkach pogodowych, w celu maksymalnego odseparowania wyników od wpływów atmosferycznych. Pomiary przeprowadzono zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem (Dz.U. nr 140, z dnia 16 czerwca 2011r., poz. 824).



Rys. 7. Schemat usytuowania miernika pomiarowego

Fig. 7. Measuring instrument location scheme

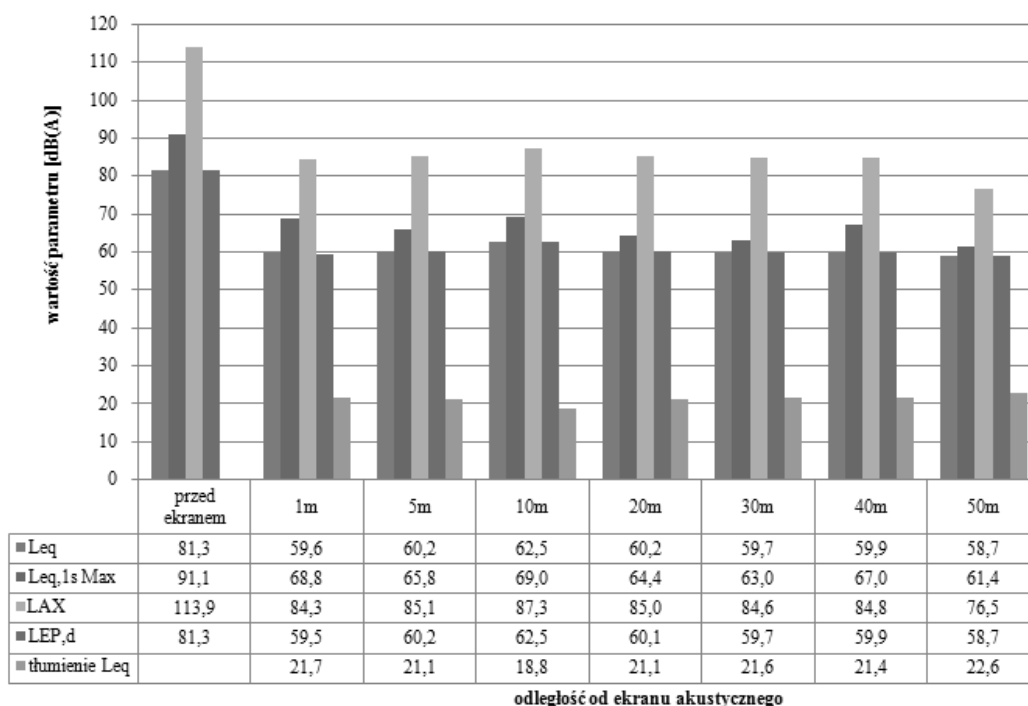
4. WYNIKI BADAŃ

Za pomocą miernika dokonano pomiaru 4 parametrów:

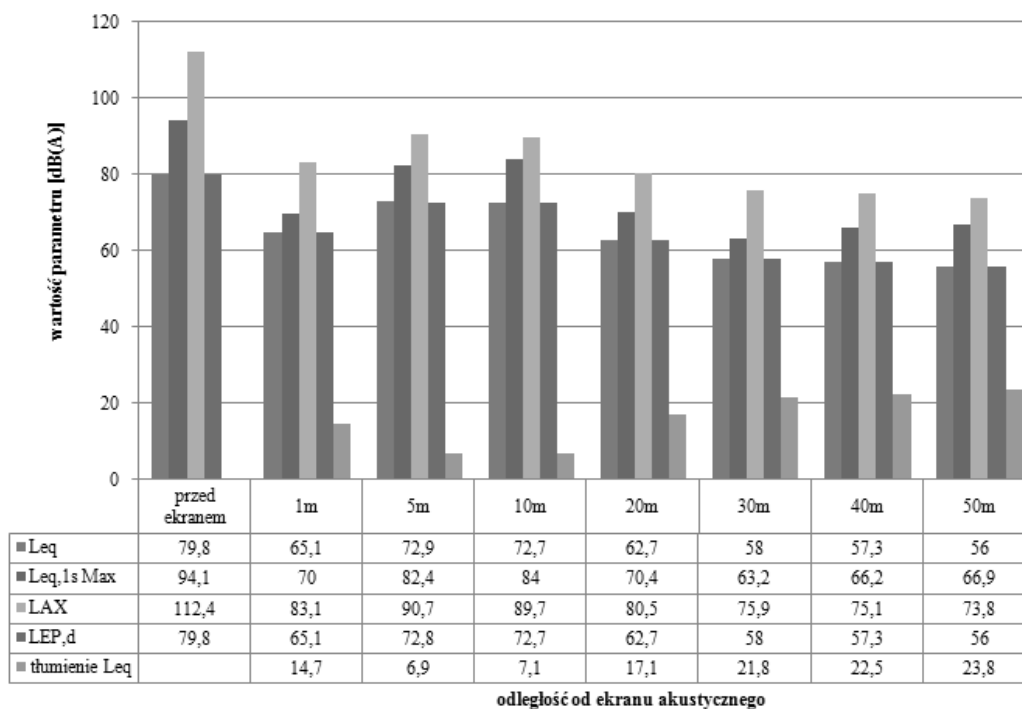
- Leq (równoważny poziom dźwięku),
- Leq,1s Max (maksymalny równoważny poziom dźwięku w ciągu 1 s),
- LAX (ekspozycyjny poziom dźwięku),
- LEP,d (ekspozycyjny poziom dźwięku odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy).

Wyniki z przeprowadzonych pomiarów w punkcie 1 przedstawiono na rysunku 8. Największy równoważny poziom dźwięku za ekranem akustycznym odnotowano w odległości 10 m, wynosił on 62,5 dB(A). Natomiast najmniejszy równoważny poziom dźwięku odnotowany w najdalszym mierzonym punkcie (50 m) wynosił 58,7 dB(A). Pomiary wykonano w dzień. Dopuszczalny poziom hałasu w środowisku nie został przekroczony, gdyż na tym rodzaju terenu poziom ten wynosi 65 dB (LAeqD). Największe wartości rejestrowanych parametrów za ekranem zanotowano w odległości 10m, zaś najmniejsze wartości tych parametrów są w odległości 50m od ekranu.

Wyniki z pomiarów w punkcie 2 przedstawiono na rysunku 9. Największy równoważny poziom dźwięku za ekranem akustycznym odnotowano w odległości 5m oraz 10m od ekranu, który wynosił odpowiednio 72,9 dB(A) i 72,7 dB(A). Natomiast najmniejszy równoważny poziom dźwięku odnotowano w najdalszym mierzonym punkcie (50 m) i wynosił on 56 dB(A). Dopuszczalny poziom hałasu w środowisku został przekroczony, gdyż na tym rodzaju terenu poziom ten wynosi 65 dB (LAeqD). W odległości większej niż 20 m od ekranu równoważny poziom dźwięku nie przekracza dopuszczalnej wartości. Osiedle Witosa znajduje się około 100m od ekranu, więc występujący poziom dźwięku jest akceptowalny.



Rys. 8. Pomiar hałasu przed i za ekranem akustycznym w pierwszym punkcie pomiarowym
 Fig. 8. Noise measurement in front and behind the acoustic screen at measurement point no. 1



Rys. 9. Pomiar hałasu przed i za ekranem akustycznym w drugim punkcie pomiarowym
 Fig. 9. Noise measurement in front and behind the acoustic screen at measurement point no. 2

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych można określić, że im głębiej w cieniu akustycznym zlokalizuje się odbiorcę hałasu, tym kąt załamania fal akustycznych na krawędzi ekranu będzie większy, a więc także będzie większy stopień obniżenia poziomu hałasu. Zależy to w istotnym stopniu od wysokości ekranu oraz usytuowania. Im ekran znajduje się bliżej źródła hałasu, tym jest bardziej skuteczny [4].

Warunek izolacyjności akustycznej porównywanych ekranów jest spełniony, gdyż poziom dźwięku przechodzący przez przegrodę jest niższy o ponad 10 dB od poziomu dźwięku odpowiadającego fali ugiętej wokół górnej krawędzi ekranu.

Załamaniem fali akustycznej, a co się z tym wiąże największe wartości równoważnego poziomu dźwięku za ekranem występuje w odległości 10 m od ekranu w pierwszym punkcie oraz w odległościach 5 m i 10 m od ekranu w drugim punkcie.

Pomimo wykazanej w badaniach skuteczności ekranów należy pamiętać, że nadmierny poziom hałasu można zredukować także poprzez inne działania, jak: redukcja natężenia ruchu, zmiana struktury rodzajowej pojazdów, obniżenie prędkości pojazdów, zmiany w zakresie organizacji ruchu (zamiana skrzyżowań na rondo), stosowanie ITS w celu zwiększenia płynności potoków ruchu, zmiana rodzaju nawierzchni i poprawa ich stanu technicznego.

Bibliografia

1. Biedrońska J. i In.: Projektowanie obiektów motoryzacyjnych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
2. Engel Z., Zawieska W. M.: Hałas i drgania w procesach pracy: źródła, ocena, zagrożenia. CIOP – PIB, Warszawa 2010.
3. Gronowicz J.: Ochrona środowiska w transporcie lądowym. Instytut Technologii Eksploatacji, Poznań – Radom 2003.
4. Kucharski R., Szymański Z.: Wytyczne stosowania i projektowania ekranów akustycznych. Instytut Ochrony Środowiska Zakład Akustyki Środowiska, Warszawa 2008.
5. Makarewicz R.: Dźwięki i fale. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2009.
6. Sadowski J.: Podstawy akustyki urbanistycznej. Arkady, Warszawa 1982.
7. Stańczak–Strząska M.: Ochrona środowiska w transporcie. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.
8. Niesler M., Oleksiak B.: Oddziaływanie przemysłu na środowisko naturalne. Cz. 1, Hutnictwo żelaza i stali. Instytut Metalurgii Żelaza, 203, Gliwice 2012.
9. Figlus T., Wilk A.: Comparison of the sound pressure measurement and the speed measurement of the gearbox vibrating surface. Problemy Transportu, t. 7, z. 1, Gliwice 2012, s. 37-42.