

TŁUMIKI TOROWE I PRZYSZYNOWE JAKO INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA DLA OCHRONY LUDZI I ŚRODOWISKA PRZED HAŁASEM OD RUCHU KOLEJOWEGO¹

Karol Brzeziński

dr inż., Politechnika Warszawska, ul. Lecha Kaczyńskiego 16, 00-637 Warszawa, e-mail: k.brzezinski@il.pw.edu.pl

Cezary Kraśkiewicz

mgr inż., Politechnika Warszawska, ul. Lecha Kaczyńskiego 16, 00-637 Warszawa, tel.: +48 22 234 1537, e-mail: c.kraskiewicz@il.pw.edu.pl

Wojciech Oleksiewicz

dr inż., Politechnika Warszawska, ul. Lecha Kaczyńskiego 16, 00-637 Warszawa, tel.: +48 22 234 6490, e-mail: w.oleksiewicz@il.pw.edu.pl

Monika Płudowska-Zagrajek

mgr inż., Politechnika Warszawska, ul. Lecha Kaczyńskiego 16, 00-637 Warszawa, e-mail: m.pludowska@il.pw.edu.pl

Kacper Wasilewski

mgr inż., Politechnika Warszawska, ul. Lecha Kaczyńskiego 16, 00-637 Warszawa, tel.: +48 22 234-65-73, e-mail: k.wasilewski@il.pw.edu.pl

Streszczenie. *Wzrost prędkości pojazdów szynowych, poza skróceniem czasów przejazdu, powoduje również m.in.: zwiększoną emisję hałasu, który negatywnie oddziałuje na ludzi i środowisko. Aby zminimalizować ten negatywny efekt, stosuje się różnorodne metody ograniczające poziom emisji hałasu do otoczenia, jednak nie zawsze tradycyjne metody przynoszą zadowalające efekty lub są możliwe do zastosowania. Zwiększenie skuteczności tych metod można osiągnąć przez dodatkowe, innowacyjne rozwiązania określane mianem tłumików przyszynowych i tłumików torowych, będące przedmiotem grantu badawczego „Innowacyjne rozwiązania w zakresie ochrony ludzi i środowiska przed hałasem od ruchu kolejowego – InRaNoS”.*

Słowa kluczowe: *tłumiki przyszynowe, tłumiki torowe, ochrona przed hałasem, hałas komunikacyjny, redukcja hałasu*

1. Wstęp

Najnowsze trendy w transporcie, nie tylko szynowym, zakładają jak największe wykorzystanie przepustowości tras m.in. poprzez wzrost prędkości pojazdów, a tym samym skrócenie czasu przejazdu. Negatywnym skutkiem takich działań jest jednak m.in. zwiększenie poziomów emisji hałasu do środowiska.

W przypadku ludzi ma to ujemny wpływ na ich zdrowie, zmniejsza wydajność pracy, utrudnia wypoczynek i koncentrację, a więc ogólnie, zmniejsza komfort życia w strefie takich oddziaływań [1].

¹ Wkład autorów w publikację: Brzeziński K. 20%, Kraśkiewicz C. 20%, Oleksiewicz W. 20%, Płudowska-Zagrajek M 20%, Wasilewski K. 20%

Powstawanie hałasu od ruchu kolejowego jest zjawiskiem bardzo złożonym. Zasadniczą jego przyczyną jest tak zwany hałas toczenia, który powstaje wskutek przejazdu kół pociągów po szynie. Na powierzchniach toczych kół i szyn występują liczne nierówności o charakterze falistym (np. zużycie faliste szyn), które podczas przejazdu pociągów wzbudzają drgania zarówno pojazdu, jak i szyn, generując hałas emitowany do otoczenia trasy. Oprócz drgań powierzchni toczonej kół i szyn, źródłem emitowanego hałasu są też opory aerodynamiczne pojazdów i inne źródła, takie jak praca silnika, czy ślizganie pantografu po sieci trakcyjnej. W związku z rozproszeniem źródeł hałasu od ruchu pociągów, sposoby i elementy służące do jego ograniczania są zróżnicowane m.in. pod względem ich położenia względem tych źródeł i występują zarówno w strefie emisji, transmisji oraz imisji fali akustycznej od jej źródła (pojazdu) do obiektu chronionego przed wpływem hałasu (głównie budynku).

Aby zminimalizować te negatywne oddziaływania stosuje się różne rozwiązania, które w strefie emisji, tj. strefie kontaktu kół i szyn polegają m.in. na usuwaniu nierówności na ich powierzchniach toczych poprzez profilację szyn (np. przez ich szlifowanie) oraz kół (np. przez ich obtaczanie na tokarkach podtorowych). Innym sposobem ograniczania emisji fali akustycznej są działania podejmowane w konstrukcji drogi kolejowej, polegające na optymalizacji sprężystych charakterystyk tej konstrukcji – głównie sprężystego podparcia i mocowania szyn poprzez zastosowanie odpowiednich elementów i warstw konstrukcyjnych. Oprócz funkcji mechanicznych związanych z przenoszeniem dynamicznych obciążeń od ruchu pojazdów szynowych elementy te spełniają funkcje izolatorów wibroakustycznych, które ograniczają transmisję drgań pomiędzy elementami składowymi konstrukcji nawierzchni szynowej – głównie elementami systemów przytwierdzenia szyn.

Innymi dodatkowymi elementami stosowanymi w konstrukcji nawierzchni szynowej w celu ograniczania emisji hałasu mogą być tłumiki, określane w zależności od ich położenia w torze jako tłumiki torowe lub tłumiki przyszynowe, których charakterystyka jest przedmiotem niniejszego artykułu.

2. Ogólne uwarunkowania w stosowaniu innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych nawierzchni szynowych w celu ochrony ludzi i środowiska przed hałasem od ruchu kolejowego

Obowiązujące regulacje prawne narzucają wysokie wymagania dotyczące ochrony ludzi i środowiska przed emisją hałasu, co powoduje nie tylko potrzebę ograniczania poziomu hałasu na drodze transmisji dźwięków od źródła ich emisji (np. trasy kolejowej) do środowiska za pomocą tzw. ekranów akustycznych ustawianych wzdłuż tras komunikacyjnych. Te tradycyjne sposoby ochrony przed hałasem nie zawsze są jednak możliwe do zastosowania, ze względów technicznych (lokalizacja, niezbędne gabaryty), ekonomicznych lub estetycznych, albo nie dają zadowalających rezultatów.

W wielu miejscach zachodzi potrzeba ograniczenia poziomu hałasu również u jego źródła, tj. w strefie emisji. Biorąc pod uwagę, że modernizowane linie kolejowe łączą zwykle największe miasta w Polsce i część modernizowanych odcinków tras kolejowych znajduje się w obrębie tych miast, a często nawet w ścisłym ich centrum, konieczne jest stosowanie innych, dodatkowych sposobów ochrony przed hałasem komunikacyjnym, pochodzącym od ruchu kolejowego. Także dla utrzymania wysokiej prędkości pociągów na odcinkach tranzytowych, przebiegających w pobliżu mniejszych miejscowości należy stosować rozwiązania dodatkowe, a niekiedy nawet alternatywne wobec tradycyjnych ekranów akustycznych.

Taką alternatywę stanowią dodatkowe elementy – izolatory wibroakustyczne - wchodzące w skład konstrukcji drogi szynowej i odpowiednio konstrukcji nawierzchni szynowej. Są to między innymi wibroizolacyjne maty podtłuczniowe - skuteczne głównie w odniesieniu do hałasu wtórnego wzbudzanego w budynkach przez wibracje, oraz podkładki podpodkładowe (dla podsypkowej konstrukcji nawierzchni drogi szynowej) [3], wibroizolacyjne maty podpłytkowe, systemy podpór blokowych i przekładki podszynowe oraz systemy szyny w otulinie (dla bezpodsypkowej konstrukcji nawierzchni drogi szynowej) [4], a także innowacyjne rozwiązania montowane w torze, określane mianem tłumików przyszynowych i tłumików torowych.

O ile jednak dwie pierwsze grupy rozwiązań tradycyjnych (ekrany akustyczne i izolatory wibroakustyczne) często wymagają gruntownej modernizacji konstrukcji nawierzchni kolejowej i otoczenia trasy, a tym samym znacznych nakładów finansowych i niekiedy długotrwałych zamknięć torowych, o tyle wymienione tłumiki – a zwłaszcza tłumiki przyszynowe - mogą zostać zabudowane nawet po zakończeniu modernizacji nawierzchni, przy zwykłym krótkim zamknięciu, bez większej ingerencji w konstrukcję nawierzchni. Jako urządzenia o niewielkich rozmiarach, praktycznie zintegrowane z konstrukcją nawierzchni kolejowej, mogą być zastosowane przy przejściu linii kolejowej przez obszary cenne przyrodniczo (np. obszar Natura 2000), gdzie stosowanie ekranów akustycznych, mimo, że odznaczają się one dużą skutecznością, powinno być ograniczone, gdyż mogą stanowić zakłócenie krajobrazu i wprowadzać dodatkową barierę w migracji zwierząt, powodując spadek różnorodności przyrodniczej. Również przy niewielkich przekroczeniach poziomu hałasu, szczególnie w obszarach zabudowanych, gdzie tradycyjne rozwiązania mogą okazać się zbyt kosztowne, a w przypadku ekranów akustycznych obniżać dodatkowo walory estetyczno-architektoniczne krajobrazu obszarów miejskich obsługiwanych przez transport kolejowy, tłumiki przyszynowe i tłumiki torowe mogą okazać się najbardziej korzystnym wariantem ochrony przed hałasem. Co więcej, przy ich produkcji istnieje możliwość wykorzystania surowców pochodzących z recyklingu, co znakomicie wpisuje się w politykę proekologiczną, wpływając na zmniejszenie zużycia innych zasobów (energia, czyste powietrze, surowce mineralne).

Biorąc pod uwagę niewielkie dotychczasowe doświadczenia w stosowaniu tego typu wyrobów w warunkach polskich oraz wymienione ich zalety, w dalszej części referatu zostaną one przedstawione jako innowacyjne rozwiązania ograniczające hałas od ruchu kolejowego, dedykowane dla odcinków tras kolejowych przebie-

gających w rejonach gęstej zabudowy mieszkalnej, w tym również na obiektach kolejowych, jak mosty, wiadukty i tunele oraz stacje i przystanki kolejowe.

3. Zasady konstrukcji i działania tłumików przyszynowych i torowych

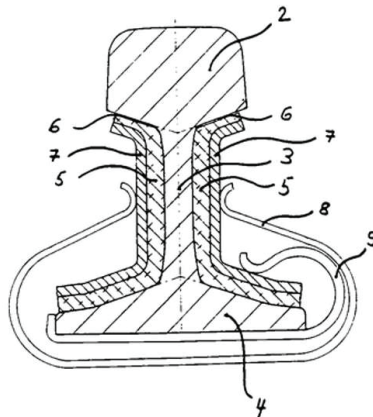
3.1. Tłumiki przyszynowe

Jako tłumiki przyszynowe są rozumiane elementy przylegające do szyjki i/lub do stopki szyny, a w niektórych rozwiązaniach nawet do dolnej części główki szyny. Są one łączone z powierzchniami przylegania szyny za pomocą klejenia lub sprężystego docisku dodatkowych sprężystych elementów zaciskowych. Charakterystyczną cechą tego rodzaju tłumików jest ich zwykle nieciągłe, pasmowe rozmieszczenie wzdłuż szyny na odcinkach pomiędzy kolejnymi przytwierdzeniami i podporami szynowymi. Tłumiki są określane w niektórych publikacjach jako „absorbery”.

Ogólną zasadą działania tłumików przyszynowych jest powodowanie przyspieszonego zanikania drgań wzdłuż szyny, a tym samym ograniczanie emisji hałasu.

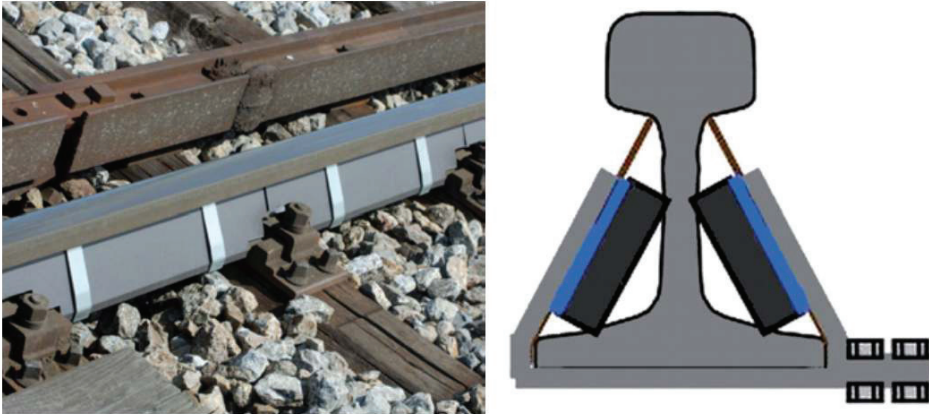
Wśród rozwiązań tłumików przyszynowych można wyróżnić dwie podgrupy:

1. Tłumiki ze sprężystą otuliną, stanowiącą warstwę wypełniającą całkowicie lub częściowo komory łubkowe szyny i ewentualnie otaczające również powierzchnię stopki szyny. Otulina szyny wykazuje drgania o charakterystyce zgodnej z drganiami szyny, a więc nie zmienia ona ogólnej charakterystyki dynamicznej szyny. Jej działanie ma charakter statyczny, polegający na pasywnej osłonie komór łubkowych. Ta wersja tłumików przyszynowych będzie dalej nazywana jako „tłumiki statyczne” lub „tłumiki z otuliną”, a zasadę ich konstrukcji przedstawiają rysunki 1 i 2.



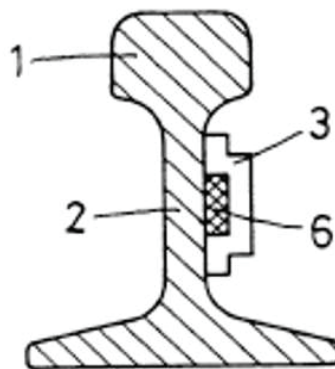
Rys. 1. Przykład statycznego tłumika przyszynowego z otuliną z gumy syntetycznej umieszczonej po obu stronach szyny, dociskanej do szyjki szyny za pomocą ścisków sprężynowych na podstawie niemieckiego zgłoszenia patentowego DE4000992 (A1).

Oznaczenia: 2 – główka szyny; 3 – szyjka szyny; 4 – stopka szyny; 5 – tłumik gumowy; 6 – pasta wyrównawcza; 7 – pokrywa, 8 i 9 – ściski sprężynowe



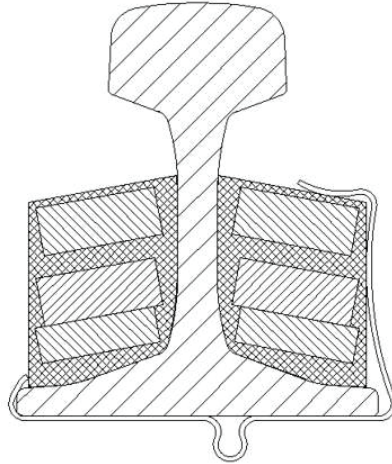
Rys. 2. Przykład zastosowania i zasada konstrukcji statycznego tłumika przyszynowego z otuliną w postaci tzw. ścianki tłumiącej - według [10]

2. Tłumiki z elementem lub zespołem elementów o określonej masie rozłożonej pasmowo wzdłuż komór lubkowych szyn, połączonych (przeważnie sklejonych) z materiałem szyny za pomocą sprężystej warstwy elastomeru (zwykle żywicy poliuretanowej). Sprężystość zamocowana do szyny masa tłumiąca jest wzbudzana do drgań przez ruch pociągów, przy czym dzięki sprężystej warstwie klejącej drgania tej masy mogą być przesunięte w fazie w stosunku do drgań szyny. Zmienia to ogólną charakterystykę dynamiczną szyny i tym samym powoduje efekt tłumienia fali akustycznej emitowanej przez szynę, a zwłaszcza przez jej najcieńszą, pionową część, jaką jest szyjka szyny. Ta wersja tłumików przyszynowych będzie dalej nazywana jako „tłumiki z masą tłumiącą” lub „tłumiki dynamiczne”, a zasadę ich konstrukcji i widok w stanie zamontowanym w torze przedstawiają rysunki 3-6.



Rys. 3. Przykład dynamicznego tłumika przyszynowego z dodaną masą tłumiącą w postaci podłużnych elementów, wykonanych z materiału miękkiego i ciężkiego, mocowanych do szyjki szyny. Zasada konstrukcji na podstawie amerykańskiego patentu o numerze US6402044 (B1).

Oznaczenia: 1 – główka szyny; 2 – szyjka szyny; 3 – ciężki materiał tłumiący np. ołów, 6 – wypełnienie sprężystym materiałem tłumiącym w formie piany



Rys. 4. Przykład dynamicznego tłumika przyszynowego z dodaną masą tłumiącą w postaci odkształcalnego, sprężystego materiału spajającego (elastomeru) i podłużnych, metalowych wkładek rezonujących. Zasada konstrukcji przedstawiona na podstawie [10]



Rys. 5. Przykład zastosowania dynamicznego tłumika przyszynowego z dodaną masą tłumiącą. – według [10] i [7]



Rys. 6. Przykład zastosowania dynamicznego tłumika przyszynowego z dodaną masą - według [10]

Istnieje wiele różnych rozwiązań tłumików przyszynowych produkowanych przez różne firmy. Cechy szczególne, charakteryzujące różnice pomiędzy poszczególnymi rozwiązaniami to:

- sposób mocowania tłumików do szyny,
- skład i rodzaj materiału elastomerowego,
- kształt i materiał wkładek rezonujących,
- sposób i zakres dostrajania tłumików do potrzebnych częstotliwości.

Jednak ze względu na opisany wyżej mechanizm działania, poszczególne urządzenia wykazują maksymalną skuteczność tylko w ograniczonym zakresie częstotliwości drgań. Stąd na rynku funkcjonują również urządzenia, które można w pewnym zakresie regulować - dostrajać do warunków miejscowych, czy też urządzenia składające się z kilku modułów o różnych charakterystykach, z których każdy pokrywa pewien wąski obszar tłumionych częstotliwości.

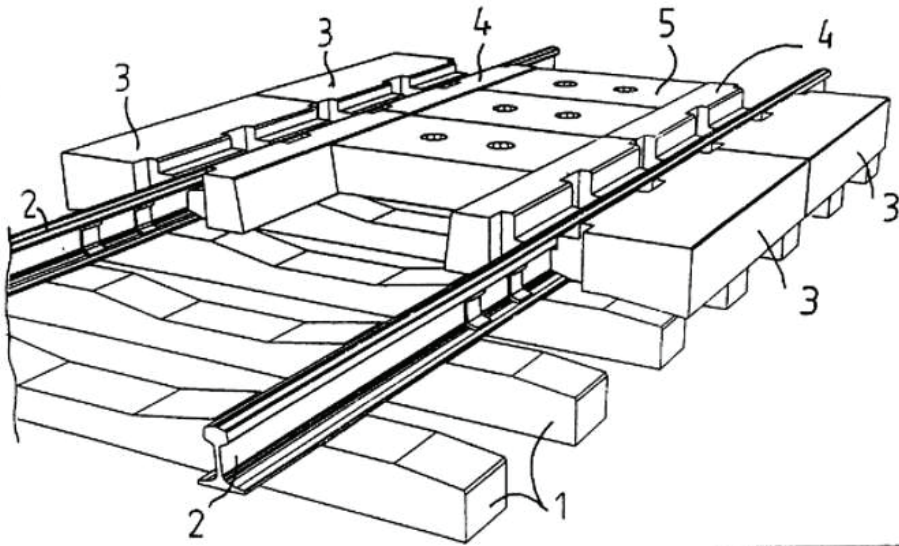
Skuteczność tego typu rozwiązań można zweryfikować przez bezpośredni pomiar albo w sposób pośredni prognozować na podstawie charakterystyki dynamicznej – TDR (Track Decay Rate). Na skuteczność tłumików przyszynowych wpływa kilka czynników, takich jak:

- prędkość jazdy, zależna od typu pojazdu,
- szorstkość powierzchni szyn i kół.

Prowadzone w tym zakresie badania [8] wykazały, że skuteczności tłumienia tłumików przyszynowych wynosi od 2 dB do 6 dB w zależności od typu pojazdów i ich prędkości. Wpływ tego czynnika jest istotny dla prędkości 40 – 80 km/h. Powyżej tego przedziału skuteczność tłumików jest stała i niezależna od prędkości. Natomiast badania te wykazały, że skuteczność tłumików nie jest zależna od szorstkości powierzchni tocznych szyn i kół.

3.2. Tłumiki torowe

Jako tłumiki torowe są rozumiane elementy tworzące warstwę tłumiącą hałas ułożoną na górnej powierzchni podkładów lub na płycie podbudowy betonowej w bezpodsypkowych konstrukcjach nawierzchni. Są one układane pomiędzy tokami szynowymi, tworzącymi tor oraz na zewnątrz szyn i ewentualnie w międzytorzu, zgodnie z zasadą takiej konstrukcji przedstawioną na rys. 7. Mechanizm działania tłumików torowych polega częściowo na pochłanianiu, a częściowo na rozpraszaniu fali dźwiękowej. Nie oddziałują więc one na źródło dźwięku, lecz znajdują się na drodze jego propagacji. Swoją skuteczność zawdzięczają zlokalizowaniu elementu tłumiącego na wierzchu konstrukcji nawierzchni, bardzo blisko źródła hałasu, gdzie jego natężenie jest największe (rys. 7 i 8).



Rys. 7. Przykład zasady konstrukcji tłumika torowego na podstawie bolenderskiego patentu nr NL194553

(B) z elementami tłumiącymi układanymi pomiędzy i po bokach szyn na podkładach kolejowych.

Oznaczenia: 1 - podkłady kolejowe; 2 - toki szynowe; 3 - boczne elementy tłumiące; 4 - wewnętrzne elementy tłumiące,
5 - wewnętrzne elementy pozycjonujące

W tłumikach torowych stosowane są wypełnienia przestrzeni pomiędzy szynami w postaci elementów prefabrykowanych z materiałów takich jak: beton porowaty, granulat gumowy, wełna mineralna.



Rys. 8. Widok ogólny tłumików torowych z betonu porowatego, stosowanych na kolejach niemieckich DB
Foto – W. Oleksiewicz



Rys. 9. Widok szczegółu konstrukcji tłumików torowych z betonu porowatego, stosowanych na kolejach niemieckich DB
Foto – W. Oleksiewicz

Badanie skuteczności tłumików torowych we wnętrzu pojazdów prowadzone w Niemczech [9] wykazały, że skuteczność ta wynosi przy prędkości ok. 60 km/h do 3 dB w tunelu i do 1 dB w torze odkrytym i jest ona zależna od prędkości jazdy oraz typu pojazdu.

4. Planowane badania w ramach projektu BRIK „InRaNoS”

Potencjał rozwiązań ograniczających poziom emisji hałasu do otoczenia z wykorzystaniem tłumików przyszynowych oraz tłumików torowych sprawił, że konsorcjum związane przez Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, Instytut Kolejnictwa, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy oraz firmy BUDIMEX S.A. i Tines podjęło się w ramach projektu Program Operacyjny Inteligentny Rozwój „Strategiczne programy badawcze dla gospodarki” Wspólne Przedsięwzięcie BRIK - realizacji grantu badawczego „Innowacyjne rozwiązania w zakresie ochrony ludzi i środowiska przed hałasem od ruchu kolejowego – InRaNoS”. W jego ramach ma dojść do opracowania produktu w postaci tłumika przyszynowego lub torowego, montowanego w torze kolejowym w celu ograniczenia emisji hałasu, przez wypracowanie co najmniej po jednym skutecznym rozwiązaniu z badanych typów urządzeń (tłumiki przyszynowe i tłumiki torowe), przetestowanym w warunkach eksploatacyjnych oraz opracowanie wytycznych stosowania urządzeń ograniczających emisję hałasu od ruchu kolejowego.

Badania planowane w wyżej przedstawionym projekcie zakładają rozbudowane symulacje rozwiązań w różnych skalach – zarówno dokładne modelowanie samego urządzenia, jak i jego działanie w torze. W początkowej fazie projektu zostaną opracowane innowacyjne rozwiązania, dzięki analizie mechanizmów powstawania i ograniczania hałasu oraz symulacjom komputerowym odwzorującym działanie projektowanych urządzeń. Przewiduje się przeanalizowanie następujących wariantów każdego typu urządzenia, tzn.:

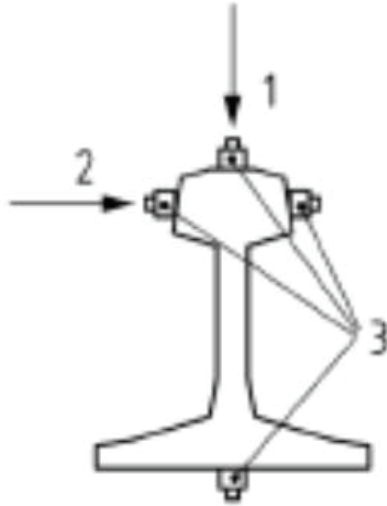
- tłumiki przyszynowe statyczne bez wkładek dociążających i tłumiki dynamiczne z wkładkami metalowymi i betonowymi.
- tłumiki torowe z betonu porowatego, z granulatu gumowego i z wełny mineralnej.

Do badań laboratoryjnych trafią elementy z materiałów wytypowanych w badaniach numerycznych, gdzie zweryfikowane zostaną pod kątem właściwości fizycznych (gęstości), sztywności statycznej i dynamicznej oraz trwałości rozwiązań (poprzez testy wytrzymałości zmęczeniowej i mrozoodporności) [2].

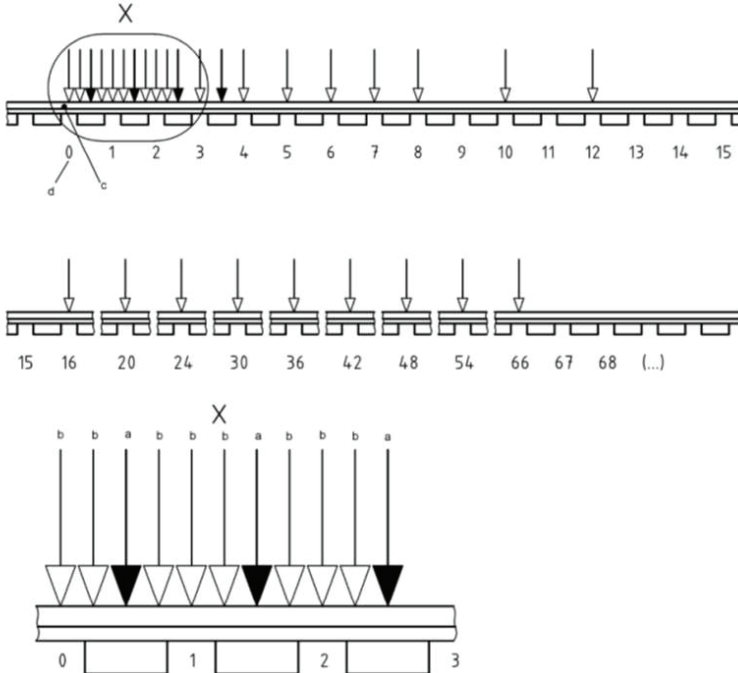
Aby ocenić skuteczność działania nowej konstrukcji tłumika, w pierwszym etapie badań jego modele zostaną poddane obciążeniu harmonicznemu w kierunku pionowym i poziomym o różnych częstotliwościach i amplitudach (badanie modeli szczegółowych w uproszczonych warunkach). Obciążenie będzie przyłożone bezpośrednio do ścianek mających kontakt z szyną (ew. do elementów mocowania). Badając siły reakcji można określić w jaki sposób w określonych warunkach wymuszenia tłumik będzie oddziaływał na tor.

Kolejnym etapem będzie wyznaczenie wartości TDR zgodnie z [5]. Jest to współczynnik zależny od częstotliwości wskaźnika reakcji do wskaźnika wymuszenia. Badanie zostanie wykonane na podstawie analizy częstotliwościowej konstrukcji lub symulacji badania normowego, poprzez pomiar przyspieszenia drgań szyny w kierunku pionowym lub poziomym. Innymi słowy określony zostanie stosunek amplitudy przyspieszenia w miejscu wymuszenia (np. uderzenia młotkiem

impulsowym) do amplitudy przyspieszenia w punkcie toru odległym o x [m]. Przykładowy schemat badania przedstawiono na rys. 10 i 11. Pierwszy z nich przedstawia lokalizację akcelerometrów w przekroju poprzecznym, a drugi kolejne punkty przyłożenia siły wymuszającej wzdłuż toku szynowego.



Rys. 10. Schemat przyłożenia obciążenia dynamicznego pionowego (1) i poziomego (2) do główki szyny oraz szczegółowa lokalizacja akcelerometrów (3) w przekroju poprzecznym



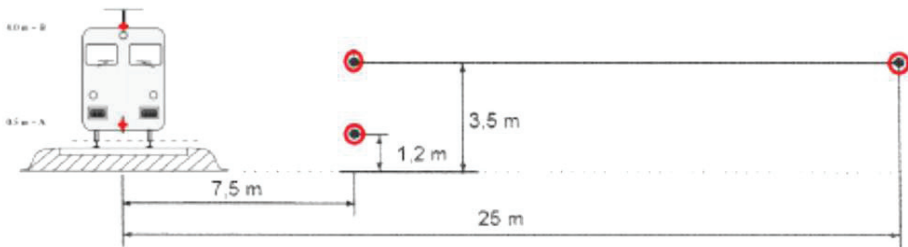
Rys. 11. Schemat przyłożenia (wzdłuż toru) obciążenia dynamicznego pionowego (a) i poziomego (b) na kolejnych przęsłach między podkładowych (d) oraz lokalizacja akcelerometru (c)

Po zakończeniu badania w razie potrzeby powróci się do etapu modelowania tłumika. Zmieniony zostanie kształt lub zastosowane będą inne materiały, tak aby uzyskać bardziej pożądane własności i tym samym lepsze tłumienie.

Następnie określona zostanie dla materiałów elastomerowych sztywność statyczna i dynamiczna oraz gęstość badanego materiału. Sztywność statyczna będzie wyznaczona na podstawie odkształcenia pod wpływem stałego obciążenia, natomiast badanie sztywności dynamicznej polega na wyznaczeniu częstotliwości rezonansowej drgań pionowych układu masa-sprężyna, w którym sprężyną jest badana próbka materiału, a masą jest płyta obciążająca. Badanie w szerokim zakresie częstotliwości pozwoli na identyfikację parametrów modelu reologicznego, które zostaną wykorzystane w modelowaniu numerycznym. Badania wytrzymałości zmęczeniowej, czy mrozoodporności przeprowadzone zostaną na koniec tego etapu i posłużą do weryfikacji trwałości analizowanych materiałów.

Po zakończeniu etapu badań laboratoryjnych i analizie otrzymanych wyników, rozwiązania zostaną dopracowane pod względem technologiczno-konstrukcyjnym, a następnie zostaną zabudowane w torze na poligonie doświadczalnym, gdzie wykonane zostaną pomiary hałasu w środowisku na poligonie na dwóch odcinkach testowych o zbliżonej charakterystyce akustycznej i długości 100 – 150 m.

Najpierw obydwa odcinki zostaną przebadane bez rozwiązań minimalizujących oddziaływanie akustyczne (bez tłumików). Następnie kolejne rozwiązania będą badane jednocześnie na pierwszym odcinku (z zastosowanym rozwiązaniem) i na drugim, który będzie służył jako odcinek referencyjny. Dzięki takiemu programowi badań, zostanie wyeliminowany wpływ zmiennych warunków atmosferycznych (temperatura, wilgotność, kierunek i prędkość wiatru itp.) oraz operacyjnych (rodzaj pojazdu, prędkość przejazdu). Pomiar hałasu będzie wykonywany w odległości 7,5 m od osi toru na całej długości badanych odcinków. Obecnie planuje się jednoczesny pomiar poziomu emisji hałasu w 6 punktach (po 3 dla odcinka referencyjnego i badawczego, w zależności od potrzeb na wysokości 0,5 m i/lub 3,5 m) – rys. 12.



Rys. 12. Normatywna lokalizacja punktów pomiarowych w badaniach poligonowych hałasu zgodnie z normą [6]

5. Wnioski

Tłumiki przyszynowe i torowe stanowią elementy ochrony ludzi i środowiska w otoczeniu linii kolejowych przed niekorzystnym oddziaływaniem w postaci hałasu od ruchu kolejowego. Stanowią one wyroby niestosowane dotychczas w Polsce, wykazujące we wdrożeniach zagranicznych potencjalną możliwość zwiększenia skuteczności stosowanych dotychczas na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. innych rozwiązań redukujących poziom hałasu od ruchu kolejowego.

Możliwość ta wymaga empirycznego potwierdzenia na modelach rzeczywistych konstrukcji i wyprodukowanych w kraju wyrobach o oczekiwanej skuteczności tłumienia hałasu oraz na tej podstawie wdrożenia wybranych rozwiązań i opracowania wytycznych ich stosowania w polskich warunkach organizacyjnych i eksploatacyjnych na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Artykuł powstał w ramach projektu „Innowacyjne rozwiązania w zakresie ochrony ludzi i środowiska przed hałasem od ruchu kolejowego” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 (nr umowy POIR.04.01.01-00-0030/17).

Bibliografia

- [1] Zagrożenie hałasem - Wybrane zagadnienia, Kancelaria senatu, Biuro Analiz i Dokumentacji, Opracowania tematyczne OT-612, Warszawa 2012.
- [2] Kraśkiewicz C., Lipko C., Oleksiewicz W., Zbiciak A., Parametry charakteryzujące wibroizolacyjne maty podtłuczniowe stosowane w konstrukcji dróg szynowych i metody ich badania, *Przegląd Komunikacyjny*, vol. 70, nr 9, 2015.
- [3] Zbiciak A., Kraśkiewicz C., Lipko C., Oleksiewicz W., Viscoelastic dynamic models of resilient elements used in railway tracks. IPICSE-2016, MATEC Web of Conferences 86, DOI:10.1051/mateconf/20168601015, 2016.
- [4] Zbiciak A., Kraśkiewicz C., Oleksiewicz W., Płudowska-Zagrajek M., Lipko C., Mechanical modelling and application of vibroacoustic isolators in railway tracks, MATEC Web of Conferences, E D P Sciences, vol. 117, DOI:10.1051/mateconf/201711700090, 2017.
- [5] EN 15461:2008+A1 Kolejnictwo -- Emisja hałasu -- Charakterystyka własności dynamicznych odcinków toru dla ruchu poprzez pomiary hałasu.
- [6] PN-EN ISO 3095:2013-12 Akustyka -- Kolejnictwo -- Pomiar hałasu emitowanego przez pojazdy szynowe.
- [7] Scossa-Romano E., Oertli J., Rail Dampers, Acoustic Rail Grinding, Low Height Noise Barriers. A report on the state of the art, UIC Report, 2012.

- [8] Robert Sieglitz, Christian Czolbe: Wirksamkeit von Schienenabsorbbern in Abhaegigkeit verschiedener Fahrzeugtypen. DAGA 2012 Darmstadt.
- [9] Juergen Fassbender, Udo Lenz, Schallemission in Fahrzeugen bei Tunnel-fahrt. Stadtverkehr. 2009.
- [10] Materiały informacyjne producentów, tj. firm: SEKISUI CHEMICAL GmbH, CORUS, TAYA Steel, STRAIL GmbH (w kolejności powołania w tekście).