

# Jakość eksploatacyjna i wibroizolacyjność nawierzchni przejazdów kolejowo – drogowych

## Quality and vibration isolation of Level crossing



Ewelina Kwiatkowska

Dr inż.

Politechnika Wroclawska Katedra Mostów i Kolei

kwiatkowskae@interia.pl

**Streszczenie:** Na jakość eksploatowanej nawierzchni na przejazdach kolejowo-drogowych wpływa niezawodności i trwałości eksploatacyjna przejazdu oraz podatności utrzymaniowo-naprawcza i charakterystyka ekonomiczna. Wpływ podatności utrzymaniowo-naprawczej i charakterystyk ekonomicznych przejazdów kolejowo – drogowych, został podkreślonych w nowych wytycznych stosowania przejazdów na sieci PKP PLK. Wykazując preferencje stosowania nawierzchni podsypkowych w obszarach miejskich cichych oraz na liniach o najwyższej intensywności obciążenia ruchem kolejowym. W obszarach miejskich wprowadzono preferencję stosowania nawierzchni przejazdów podsypkowych z materiałami wibroizolacyjnymi w celu redukcji drgań i wibracji eksploatacyjnych

**Słowa kluczowe:** Przejazdy kolejowo-drogowe; Wibroizolacja; Jakość toru

**Abstract:** An analysis of level crossing quality on Polish railway lines was conducted. Describes the use of the guidelines in force at the level crossing railway lines. Analysis of the guidelines for the application of level crossing has shown the application to prefer the use of level crossing with ballast. An analysis of vibration isolation in level crossing was performed.

**Keywords:** Level crossing; Vibration isolation; Track quality

Nawierzchnia na przejazdach kolejowo-drogowych ma na celu zapewnienie bezpiecznego i ciągłego ruchu kołowego i kolejowego. Zapewnianie pełnej jakości eksploatacyjnej nawierzchni na przejazdach kolejowo-drogowych wymaga użytkowania i odnawiania konstrukcji przejazdu i nawierzchni kolejowej. Konstrukcja nawierzchni na przejazdach o pełnej zdadności eksploatacyjnej zapewnia bezpieczne prowadzeniu ruchu z maksymalną projektowaną prędkością. Przejazd o ograniczonej zdadności eksploatacyjnej wymaga wprowadzenia ograniczeń prędkości dla linii i drogi kołowej, a niezdatne eksploatacyjnie przejazdy zostają wyłączane z ruchu. O jakości eksploatowanej nawierzchni na przejazdach decyduje: niezawodność i trwałość eksploatacyjna, podatność utrzymaniowo-naprawcza oraz charakterystyka ekonomiczna. Nawierzchnia przejazdów kolejowo-drogowych oprócz zapewnienia pełnej jakości eksploatacyjnej, ma na celu, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usy-

tuowanie [1] § 31, wyeliminować szkodliwe oddziaływanie drgań na budynki usytuowane w bezpośrednim sąsiedztwie skrzyżowań oraz drgania i hałas, na który będą narażeni ludzie przebywający w tych budynkach.

### Teoria wibroizolacyjności przejazdów

Teoria wibroizolacji rozróżnia dwa przypadki wibroizolacyjności, polegającej na ograniczeniu przekazywania siły dynamicznej do otoczenia (wibroizolacja siłowa) oraz wibroizolacyjność poprzez ograniczenie wpływu drgań na otoczenie (wibroizolacja przemieszczeniowa). W obu przypadkach wibroizolacyjności mamy do czynienia z częstotliwościami drgań  $f < 100$  Hz a wynika to z przyjętego modelu układu wibroizolacji jako układu dyskretnego o jednym stopniu swobody. W nawierzchni torowej powstają drgania materiałowe występujące w przedziale częstotliwości  $f = 100 \div 5000$  Hz. Drgania materiałowe należy uwzględnić przy rozwiązywaniu problemów oddziaływania na otoczenie komunikacji szynowej i samochodowej.

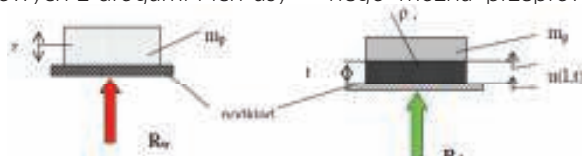
Porównanie konstrukcji przejazdu tradycyjnego z konstrukcją wibroizolowanego można przeprowadzić w oparciu

o analizę dynamiczną uproszczonych modeli fizycznych przedstawionych na rys. 1 [3]. Przykładową miarą skuteczności zastosowania w przejeździe wibroizolacji jest stosunek sił  $R_w / R_d$ , powstałych w trakcie przejazdu pojazdów, przenoszonych na podłoże poprzez przejazd bez elementu wibro- i dźwiękoizolacji i z zastosowaniem takiego elementu, gdzie:  $m_p$  - masa płyty betonowej + masa pojazdu,  $\rho$  - gęstość płyty gumowej,  $E$  - dynamiczny moduł Younga,  $F$  - pole powierzchni płyty gumowej,  $l$  - grubość płyty gumowej,  $u(x,t)$  - odkształcenie płyty gumowej;  $x=(0$  lub  $l)$ . Na rys. 2 Przedstawiono przykładowy bilans energetyczny przejazdu kolejowego z wibroizolacją [4].

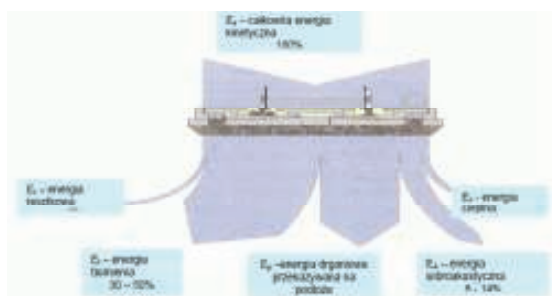
W przypadku przejazdu bez wibroizolacji przykładowy bilans energetyczny przedstawiony na rys. 3, obrazuje energię tłumienia. Energia tłumienia zawiera się w energii przekazywanej na podłoże powodując wzrost energii wibroakustycznej. Energia wibroakustyczna jest energią hałasu przyspieszeniowego i powderzeniowego powodując wzrost poziomu hałasu w otaczającym drogi kolejowo – samochodowe środowisku.

### Zasady doboru typu nawierzchni kolejowo - drogowej na przejeździe wg. Standardów Technicznych PKP PLK

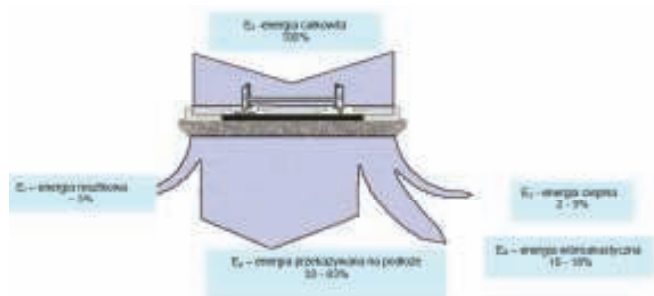
Zgodnie ze standardami technicznymi PKP PLK dla przejazdów [2] nawierzchnia drogowa na przejazdach kolejowo-



1. Modele fizyczne przejazdów tradycyjnego i wibroizolowanego [3]



2. Bilans energetyczny wibroizolowanego przejazdu kolejowego [4]



3. Bilans energetyczny klasycznego przejazdu kolejowego [4]

-drogowych wprowadzona do obrotu i dopuszczona na sieci PKP PLK musi posiadać bezterminowe świadectwo dopuszczenia do eksploatacji, a dla nawierzchni przejazdów wprowadzanych do obrotu po 27 października 2015 r. konieczne jest dopuszczenie do stosowania zgodnie z procedurą SMS PW -17 wydane przez PKP PLK. W celu poprawy jakości eksploatowanej nawierzchni na przejazdach na sieci PKP PLK wprowadzono zasady doboru nawierzchni kolejowo-drogowej na przejeździe w zależności od parametrów drogi kolejowej i linii kolejowej. Wprowadzone zasady mają na celu utrzymanie niezawodności i trwałości eksploatacyjnej, oraz podatności utrzymaniowo-naprawczej przy podniesieniu charakterystyk ekonomicznych, tak aby nawierzchnia na przejazdach uwzględniała specyfikę ruchu i lokalizację. Wprowadzono ocenę punktową parametrów przejazdów w zależności od położenia w planie linii i typu podkładów, rodzaju nawierzchni drogowej, intensywności obciążenia kolejowego, kategorii ruchu drogowego, warunków miejscowych i typu nawierzchni przejazdu. Wprowadzono system wartości poprzez punktowanie danego parametru przejazdu od 1-5, gdzie 5 wyznacza preferowaną nawierzchnię, a 1 zabronioną. Preferowane do zastosowania są typy nawierzchni na przejazdach, które uzyskały najwyższą punktację, jednak ostateczną decyzję o typie nawierzchni podejmuje właściwy terenowo Zakład Linii Kolejowych. Standardy techniczne PKP PLK [2] kwalifikują cztery typy nawierzchni na przejazdach: zintegrowane (bezpodsypkowe), zespolone wielkogabarytowe (podsypkowe), zespolone małogabarytowe (podsypkowe) i klasyczne (podsypkowe).

## Przykładowe typy nawierzchni na przejazdach

Nawierzchnie na przejazdach kolejowych można podzielić na trzy typy konstrukcji stosowane w nawierzchniach podsypkowych. Określono typy nawierzchni kolejowej z podkładów strunobetonowych, drewnianych o przytwierdzeniu szyn do podkładów typu klasycznego i sprężyste-

go oraz nawierzchnie bezpodsypkowe. Typ nawierzchni klasycznej podsypkowej przedstawiono na przykładzie płyt wielkogabarytowych typu CBP. Płyty CBP są powszechnie stosowane na przejazdach kolejowo – drogowych i stanowią około 80 % przejazdów na liniach kolejowych w Polsce. Konstrukcja składa się płyt typu PW180 (140), PWS 180 (140), PZ 180 (140) o długości 3 m, układanych bezpośrednio na podkładach lub kłińcu. Zaletą konstrukcji jest niska cena, szybki i niewymagający specjalistycznego sprzętu montaż, wadą konstrukcji jest klawiszowanie płyt. W obszarach zabudowy miejskiej- cichej, wg standardów technicznych, przejazdy typu CBP uzyskały 4 punkty, jako akceptowane do zastosowania [2].

Drugim typem płyt betonowych są zespolone małogabarytowe (podsypkowe) np. typu Mirosław o mniejszym niż wielkogabarytowe płyty ciężarze poszczególnych elementów układanych na nawierzchni, zapewniając łatwość montażu i demontażu. Płyty zewnętrzne od strony toru ułożone są poprzez amortyzatory na stopce szyny, a od strony drogi samochodowej poprzez pas gumowy na belce podporowej rys. 4. Wadami tej konstrukcji jest konieczność wylania pod belkę podporową ławy fundamentowej i montowanie płyt zewnętrznych do belek podporowych za pomocą wkrętów. W obszarach cichej zabudowy miejskiej uzyskały wyniki 4 punkty (akceptowane) zgodnie z standardami technicznymi [2]. Nawierzchnia kolejowo-drogowa z płyt gumowych jako zespolono-małogabarytowa zostanie zaprezentowana na przykładach rozwiązań ia typów: STRAIL, KOL-DROG i ELASTrack. W skład nawierzchni typu STRAIL [5] wchodzi płyty zewnętrzne i wewnątrz dwuwarstwowe. Warstwa wewnętrzna wykonana jest z mieszanki wulkanizacyjnej, a warstwa zewnętrzną z gumy wysokiej klasy odporności na ścieranie. Nawierzchnią typu STRAIL składa się z krawężników betonowych na których układane są płyty, poduszek amortyzacyjnych i zabezpieczających przemieszczanie się płyt stalowych klinów zabezpieczających rys. 5. Zaletą nawierzchni jest występowanie jej w wielu wariantach konstrukcyjnych. W

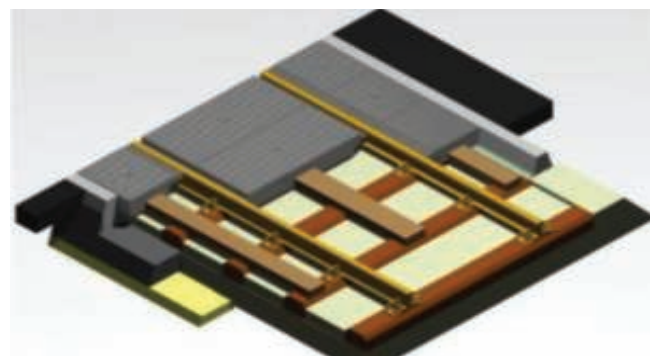
wyniku badań dynamicznych wykazano redukcję generowanego hałasu o około 6 dB. Wadami nawierzchni typu STRAIL jest wysoka cena, częste zużywanie się poduszek amortyzacyjnych wymagających wymiany oraz rozwarstwianie się płyt przy dużym natężeniu ruchu. W obszarach cichej zabudowy miejskiej uzyskały 5 punktów (preferowane) zgodnie z standardami technicznymi [2]. Nawierzchnia typu KOL-DROG [8] składa się z płyt gumowych, paneli podbudowy, krawężnika podbudowy oraz stalowego klina zabezpieczającego nieprzemieszczanie się płyt. Konstrukcja przejazdu wpływa na redukcję emisji hałasu, jednak trwałość warstwy gumowej jest niska i wymaga częstych wymian rys. 6. Płyty łączone są na tzw. wpust, nie dając możliwości regulacji sąsiednich płyt. Rozwiązanie jest droższe niż konstrukcje płyt żelbetowych. W obszarach cichej zabudowy miejskiej uzyskały wyniki 5 punktów (preferowane) zgodnie z standardami technicznymi [2]. Nawierzchnia typu ELASTrack to system gumowej nawierzchni na przejazdy kolejowe produkcji FTT Wolbrom SA. Jest to konstrukcja modułowa pozwalająca na zabudowę przejazdu o dowolnej długości (rys. 7). Aktualnie brak jest zastosowania tego typu nawierzchni na polskich liniach kolejowych. Nawierzchnia ELASTrack uzyskała dopuszczenie do stosowania na PKP PLK w kwietniu 2016 r. Brak danych o trwałości konstrukcji. W obszarach cichej zabudowy miejskiej uzyskała 5 punktów (preferowaną) zgodnie z standardami technicznymi [2]. Płyty przejazdowe produkcji ZWG Iwiny stanowią typ nawierzchni łączącej konstrukcje żelbetowych płyt przejazdowych z wibroizolacją (rys. 8). Płyty żelbetowe połączone są za pomocą sprężystego łącznika, który pozwala na wykonanie nawierzchni w postaci modułowej. Górna część gumowego elementu elastycznego, stanowiąca powierzchnię bieżną, jest karbowana w celu zwiększenia przyczepności kół pojazdów samochodowych. Na długości szyn zastosowano elastyczny element tłumiący, ściśle przylegający do szynki i stopki szyny. Zaletami konstrukcji są elementy z gumy, które izolują płytę od podkładów i tłumią wibracje przy



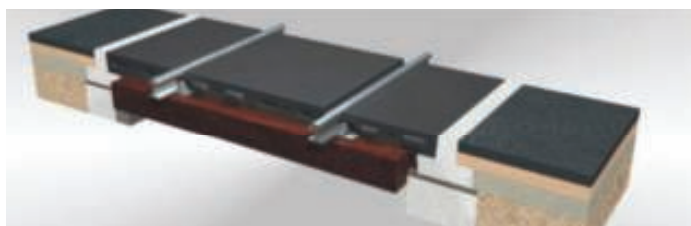
4. Nawierzchnia typu Mirosław [7]



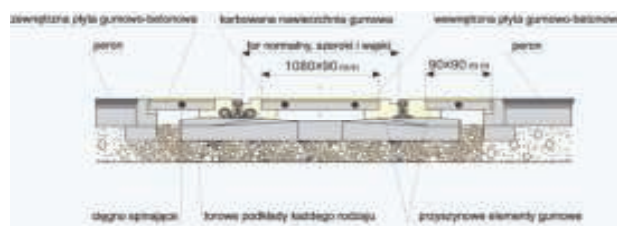
5. Nawierzchnia typu STRAIL, 1 – płyta wewnętrzna, 2, - płyta zewnętrzna, 3- system mocowania, 4- połączenie z jezdnią, 5- krawężnik, 6- szynowa wkładka [5]



6. Nawierzchnia typu KOL-DROG [8]



7. Nawierzchnia typu ELASTrack [9]



8. Nawierzchnia typu ZWG Iwiny [10]



9. Przekrój przez zintegrowany (bezpodsypkowy) przejazd typu EDILON LC-L [6]

szynie. Wadą rozwiązania jest nietrwała karbowana warstwa ściernalna, a gdzie w karbach zlega woda. Cena płyt przejazdowych ZWG Iwiny jest znacznie wyższa niż płyt żelbetowych. Wyniki badań dla płyt ZWG Iwiny: wytrzymałość na ściskanie wynosi 75 MPa, wytrzymałość na zginanie wynosi 8.5 MPa, nasiąkliwość 4%, mrozoodporność brak ubytków masy i zmian wytrzymałości po 150 cyklach. W obszarach zabudowy miejskiej cichej uzyskały 5 punktów (preferowane) zgodnie z standardami technicznymi [2].

Przejazdy kolejowo - drogowe wykonane w technologii bezpodsypkowej są rozwiązaniami, które oparte są na żelbetowych prefabrykowanych płytach łączących funkcje nawierzchni drogowej i podkładu dla toru kolejowego (rys. 9). Ze względu na sposób przenoszenia obciążeń z nawierzchni drogowej na kolejową są to zintegrowane konstrukcje toru i nawierzchni szynowej (konstrukcja bezpodsypkowa).

Przejazdy bezpodsypkowe to grupa rozwiązań zdecydowanie najtrwalszych oraz najbardziej wytrzymałych pod względem nacisków osiowych, jednocześnie stwarzających problem związany z efektem progowym i utrzymaniem. Płyta betonowa ułożona na przygotowanym podłożu stanowi konstrukcję nośną dla toru i nawierzchni drogowej. Szyny w tym systemie mogą być przytwierdzone ciągle w kanale szynowym poprzez ich zalanie żywicą syntetyczną, lub umocowane przytwierdzeniami węglowymi. Do

systemów nawierzchni na przejazdach bezpodsypkowych wibroizolowanych należą między innymi monolityczne płyty firmy TINES EDILON LC-L [6]. Jest to zintegrowany system składający się z prefabrykowanych komponentów: żelbetowej płyty z ukształtowanymi kanałami szynowymi w których umieszczane są szyny w otulinie (w systemie ERS). Wadą rozwiązania jest utrudniony demontaż zalanych żywicą szyn oraz trudne prowadzenie prac utrzymaniowo – naprawczych a także najwyższy koszt zabudowy. W obszarach zabudowy miejskiej uzyskały 4 punkty (akceptowane) zgodnie z standardami technicznymi [2].

## Podsumowanie

Na jakość nawierzchni na przejazdach kolejowo-drogowych wpływa niezawodność i trwałość eksploatacyjna przejazdu oraz podatność utrzymaniowo-naprawcza i charakterystyka ekonomiczna. Wpływ podatności utrzymaniowo-naprawczej i charakterystyk ekonomicznych przejazdów kolejowo – drogowych, został podkreślony w nowych wytycznych stosowania przejazdów na sieci PKP PLK. Wykazano preferencje stosowania nawierzchni podsypkowych w obszarach miejskich- cichych oraz na liniach o najwyższej intensywności obciążenia ruchem kolejowym. Wprowadzenie preferencji stosowania nawierzchni podsypkowych na przejazdach jest spowodowane czynnikami ekonomicznymi, ponieważ nawierzchnie podsypkowe są znacznie tańsze od bezpodsypkowych. Tańsze są również prace utrzymaniowo-naprawcze.

W nawierzchniach podsypkowych utrzymanie i naprawa, między innymi

geometrii toru, drogi kołowej w planie i profilu oraz wymiany szyn jest szybsza i tańsza w porównaniu z nawierzchniami bezpodsypkowymi. Na sieci kolejowej PKP PLK wprowadzono zasady doboru typu przejazdu uwzględniające warunki miejscowe zabudowy przejazdu. Dzieląc zabudowę miejską na cichą, normalną i teren niezabudowany, preferując w obszarach zabudowy miejskiej- cichej nawierzchnię przejazdu typu podsypkowego zespolonego wielkogabarytowego i małogabarytowego z wibroizolacją [2].

## Materiały źródłowe

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i rozwoju z dnia 20.10.2015 z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie
- [2] Standardy techniczne PKP PLK tom X – załącznik ST-T10/1 z 31 stycznia 2017r.
- [3] J. Targosz: Wibroizolowane przejazdy na skrzyżowaniach torów z drogami kołowymi, Technika transportu szynowego, 2003
- [4] J. Targosz, Ograniczenie oddziaływań dynamicznych od dróg kolejowych i samochodowych, Monografia Wyd. KriDM AGH, Kraków 2004
- [5] www.strail.de
- [6] www.tinescg.com
- [7] www.wps-sa.com.pl
- [8] www.koldrog.pl
- [9] www.fttwolbrom.com
- [10] www.zwg.com.pl/