

Dariusz Więckowski¹
Przemysłowy Instytut Motoryzacji

Analiza drgań pionowych oddziaływujących na dzieci posadowione w fotelikach podczas jazdy w samochodzie

1. WPROWADZENIE

Spośród drgań wywoływanych przez techniczne środki transportu, największe zagrożenie od nich występuje w transporcie samochodowym [6]. Mimo, że następuje podnoszenie poziomu komfortu jazdy, to jednak również zwiększa się przedział czasu, jaki ludzie spędzają podróżując samochodami [4]. W ostatnim okresie, coraz częściej zwraca się uwagę na przewożone w fotelikach samochodowych dzieci, które powinno traktować się jak „zwykłych” pasażerów, szczególnie podczas przejazdów na długich dystansach. W tym przypadku ważne jest uwzględnienie aspektów medycznych: [5], [7], [9].

Badania homologacyjne dotyczące fotelików dziecięcych skoncentrowane są głównie na ocenie zabezpieczenia przed szkodliwymi skutkami zderzeń [8]. Nie obejmują one wpływu drgań (występujących podczas „normalnej” jazdy) na organizm dziecka, które są źródłem zarówno dyskomfortu, jaki i negatywnego wpływu na zdrowie.

Stosunkowo szeroko opisane jest zagadnienie wpływu drgań na organizm ludzi dorosłych, o czym świadczą opracowane dokumenty normatywne [S1], [S2], [S3], [S4], [S5], [S6], [S7], [S8], [S9], [S10], [S11], [S12]. Natomiast w przypadku dzieci tematyka ta wciąż jest w początkowej fazie rozpoznania, nie ma opracowanych tego typu dokumentów normatywnych.

Na podstawie powyższych uwag można powiedzieć, że kwestią otwartą jest ocena komfortu jazdy małych dzieci, których cechy antropologiczne są inne niż osób dorosłych [3].

W oparciu o badania wykonane w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji [10], w pracach [11] i [12] wykazano potrzebę realizacji badań eksperymentalnych związanych z oddziaływaniem drgań pionowych na organizm dziecka siedzącego w foteliku, podczas jazdy w samochodzie. Zwrócono uwagę na różnicę w odczuciach między dzieckiem, a osobą dorosłą, przy czym oddziaływania te wcale nie są mniej uciążliwe dla dziecka. Również zwrócono uwagę na rozbieżności oddziaływania drgań na dziecko w zależności od rodzaju zastosowanego fotelika. Podkreślono także fakt braku badań w tym zakresie.

2. BADANIA EKSPERYMENTALNE DROGOWE

Wykonane badania drogowe polegały na pomiarze oddziaływania drgań na osobę dorosłą i porównaniu otrzymanych wyników z oddziaływaniem takich drgań na dzieci siedzące w samochodowych fotelikach dziecięcych

Na tylnej kanapie z lewej strony umieszczony był manekin HYBRID 2 o masie 75 kg, mocowany do siedziska samochodu za pomocą klasycznych 3-punktowych pasów bezpieczeństwa. Z prawej strony tylnej kanapy zamocowany był fotelik dziecięcy, w którym posadowiony był manekin dziecka (dalej zwanym DZIECKO) o masie 15 kg. Dlaczego do badań wykorzystano manekiny? Ideałem byłoby wykonać badania na organizmach żywych, czyli w tym przypadku na osobie dorosłej i dziecku. Jednak jest to trudne, jeśli nie niemożliwe, do zrealizowania. O ile można sobie wyobrazić udział osoby dorosłej w pewnych rodzajach testów, to udział dziecka w wieku około 3 lat (15 kg masy ciała) jest trudny do wyobrażenia. Ponieważ badania związane z oddziaływaniem drgań na organizm dziecka są obecnie w początkowej fazie rozwoju, a w przypadku dzieci posadowionych w fotelikach dopiero zaczyna dostrzegać się te kwestie, należy w badaniach eksperymentalnych bazować na tym, co jest dostępne. I tu mogą mieć zastosowanie manekiny

¹ d.wieckowski@pimot.org.pl

[1]. Ponieważ w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji są one wykorzystywane do różnych testów, to również i w tych badaniach postanowiono je zastosować. Wcześniej zostało to sprawdzone podczas badań opisanych w pracy [10]. Ponadto należy jeszcze raz podkreślić brak wyników badań dotyczących oddziaływania drgań na organizm dziecka posadzonego w foteliku podczas jazdy w samochodzie. Dlatego każde zrealizowane badania, które mogą doprowadzić do postępu w tym temacie, to jest uzyskania jakiś konkretnych wyników, pozyskaniu informacji, czy danych – tym samym stają się pomocne do rozpoznania takiego oddziaływania drgań na żywy organizm dziecka. Jest to wystarczające uzasadnienie do wykorzystania w badaniach manekinów.

Do pomiarów wykorzystano 6 typów fotelików dziecięcych przedstawionych na rys. 1 (na rysunku pokazano 7 fotelików, ponieważ są dwa egzemplarze jednego typu fotelika). Foteliki dobrane były w sposób losowy z typów dostępnych na rynku, a kryterium doboru był różny stopień zaawansowania technologicznego.



Rys. 1. Widok ogólny fotelików wykorzystanych do badań

Źródło: opracowanie własne.

W kolejnych seriach pomiarów manekin DZIECKO posadowiony był kolejno na każdym z fotelików. Najpierw na czterech konwencjonalnych fotelikach dziecięcych mocowany za pomocą 3-punktowych pasów bezpieczeństwa (rys. 2). Te foteliki symbolicznie nazwano „STANDARD” i oznaczono odpowiednio: F1S, F2S, F3S i F4S. Następnie manekin DZIECKO posadowiono na dwóch fotelikach dziecięcych posiadających nowoczesny system mocowania typu ISOFIX (rys. 3) i oznaczono odpowiednio F5X i F6X.



Rys. 2. Przykład fotelika FS z manekinem DZIECKO zamontowany w samochodzie

Źródło: opracowanie własne.

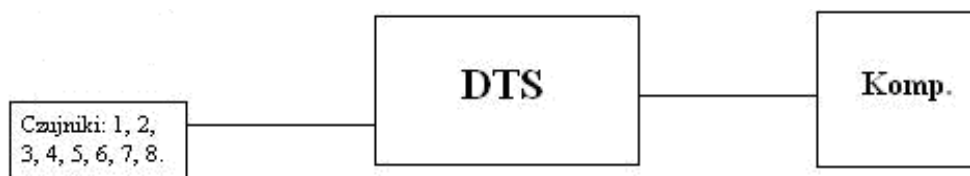


Rys. 3. Przykład Fotelika FX z manekinem DZIECKO zamontowany w samochodzie

Źródło: opracowanie własne.

2.1. Tor pomiarowy

Podczas badań sygnały pomiarowe rejestrowano za pomocą zbudowanego toru pomiarowego schematycznie przedstawionego na rys. 4.



Rys. 4. Schemat toru pomiarowego (DTS – rejestrator cyfrowy).

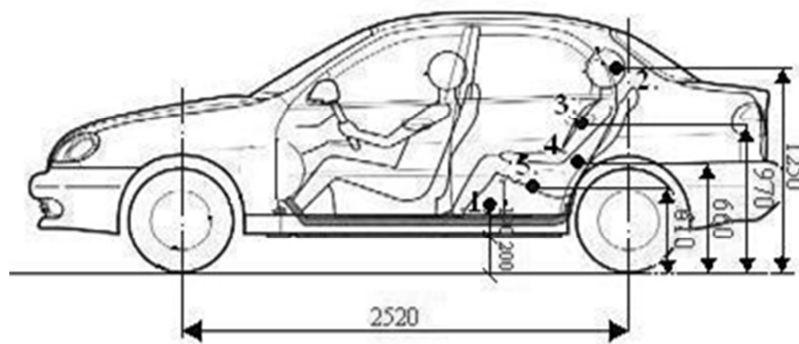
Źródło: [10].

Do pomiarów zastosowano jednoosiowe piezorezystywne czujniki opóźnienia Brüel&Kjear typ 4574, umieszczone w następujących miejscach (w nawiasach zamieszczono przyjęte oznaczenia):

- czujnik nr 1 – podłoga samochodu (P)
- czujnik nr 2 – manekin HYBRID II głowa (H2G)
- czujnik nr 3 – manekin HYBRID II tors (H2T)
- czujnik nr 4 – manekin HYBRID II miednica (H2B)
- czujnik nr 5 – siedzisko kanap tylnej pod manekinem HYBRID II (K)
- czujnik nr 6 – manekin DZIECKO głowa (DG)
- czujnik nr 7 – manekin DZIECKO miednica (DB)
- czujnik nr 8 – pod fotelikiem manekina DZIECKO (Kf)

Do rejestracji sygnałów użyto rejestratora cyfrowego TDAS DTS Pro Lab. Częstotliwość próbkowania 500 Hz. Tor pomiarowy zasilany był poprzez akumulator 12V z wykorzystaniem przetwornicy Micro Control 12V 600W.

Schematy obrazujące położenie i współrzędne miejsc mocowania czujników pomiarowych przedstawione są na rys. 5. Wszystkie czujniki były tak ustawione, aby mierzyły przyspieszenia w kierunku pionowym, tj. kierunku, w którym występują największe amplitudy drgań podczas jazdy.



Rys.5. Rozmieszczenie czujników. Widok od strony posadowienia manekina HYBRID II.

Źródło: [10].

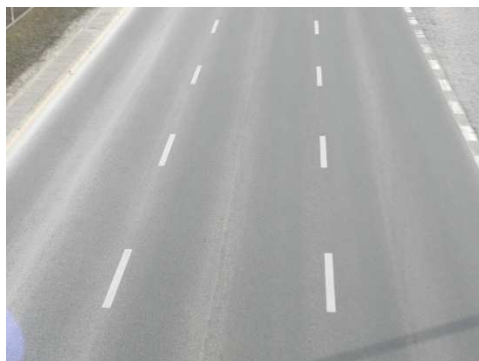
Testy pomiarowe wykonano dla trzech rodzajów nawierzchni drogi: nawierzchnia „gładka” asfaltowa (rys. 6) przejazd z prędkością 60 km/h, nawierzchnia ze znacznymi nierównościami przejazd z prędkością 60 km/h (rys.7), przejazd przez „garb”, przejazd z prędkością 40 km/h (rys. 8).

Do opisu wyników badań przyjęto następujące oznaczenia:

- A – nawierzchnia równa asfaltowa,
- B – czujnik umieszczony w biodrze manekina,
- Br – nawierzchnia z dużymi nierównościami,
- D – manekin DZIECKO,
- FS – fotelik STANDARD,
- FX – fotelik z mocowaniem typu ISOFIX,
- Gb – przejazd przez garb,

Przykłady oznaczenia:

- FSDGBr – fotelik STANDARD (FS), manekin DZIECKO (D), czujnik w głowie manekina (G), nawierzchnia z dużymi nierównościami (Br).
- FXH2BGb – fotelik ISOFIX (FX), manekin HYBRID II (H2), czujnik w biodrze manekina (B), przejazd przez garb (Gb).



Rys. 6. Odcinek pomiarowy z nawierzchnią „gładką” (asfalt).



Rys. 7. Odcinek pomiarowy z nierównościami.



Rys. 8. Odcinek pomiarowy z umieszczonym „garbem.”

Źródło: opracowanie własne.

2.2. Analiza w dziedzinie częstotliwości

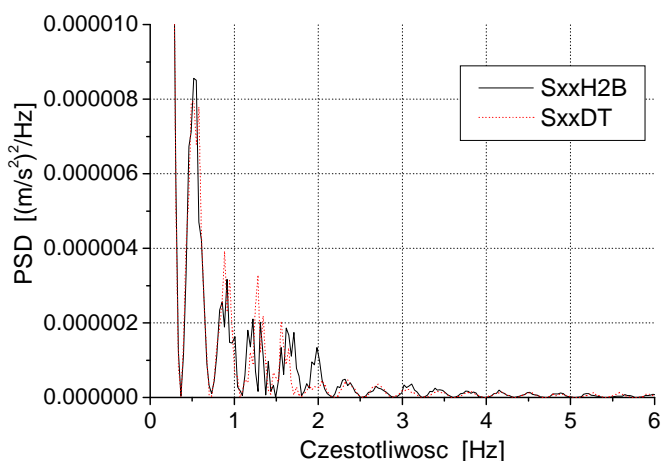
Wcześniej wykonane badania w Przemysłowym Instytucie Motoryzacji [10], dotyczące porównań przebiegów gęstości widmowych mocy (PSD - Power Spectral Density) przyspieszenia pionowego zarejestrowanych przez czujnik umieszczony na wysokości bioder manekina H2 (H2B) i w klatce piersiowej (H2T) wykazały, że przebieg zarejestrowanych gęstości widmowych przyspieszeń przez te czujniki nie różni się pod względem ilościowym jakościowym. Oznacza to, że do analizy wystarczające jest przyjęcie widm zarejestrowanych przez jeden czujnik, np. umieszczony na wysokości bioder (H2B).

W tej pracy autor odniósł się do porównanie wartości gęstości widmowych mocy PSD sygnałów zarejestrowanych przez czujniki umieszczone w głowie i tułowiu manekinów H2 i D: H2B, H2G, DT, DG. Dokonano bezpośredniego porównania wartości gęstości widmowych mocy.

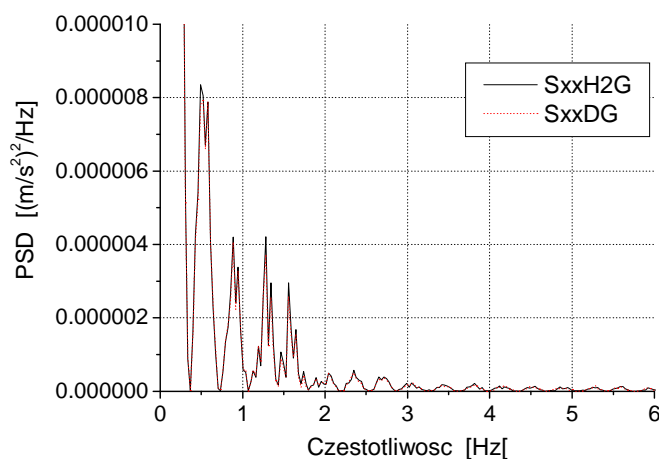
Dlaczego do porównań wykorzystano gęstość widmowa mocy? Odnośnie dzieci jest bardzo mało informacji o odczuwaniu drgań. Ze względu na mniejszą masę należy przypuszczać, że częstotliwość ta będzie większa. Zdolność absorbowania drgań przez organizm dziecka najsilniej występuje w przedziale częstotliwości 3-16 Hz.(średnio wokół częstotliwości 7,4 Hz) [2]. W przypadku dziecka wchodzimy w zakres 3-16 Hz tj. przedziału najsilniejszego absorbowania drgań przez organizm dziecka. Stąd wykorzystanie do analizy wartości gęstości widmowych mocy zarejestrowanych sygnałów jest adekwatne do rozważanego problemu.

Na rys. 9 do 14 przedstawiono przykładowe wartości gęstości widmowej mocy PSD wyznaczone dla fotelika typu FS. Z przedstawionych wykresów wynika, że:

- w przypadku H2B największe wartości PSD przypadają dla częstotliwości ok. 5,5-6 Hz, a dla DT w przedziale częstotliwości 7,5-8 Hz (rys. 11 i 13),
- w przypadku H2G wartości PSD są największe dla częstotliwości w przedziale 5÷5,5 Hz, a dla DG w przedziale 7,5÷8,5 Hz (rys. 12 i 14).

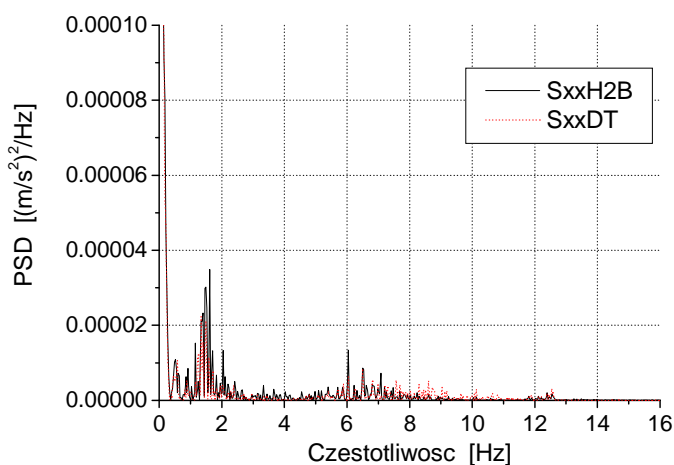


Rys. 9. FSA H2B z DT.

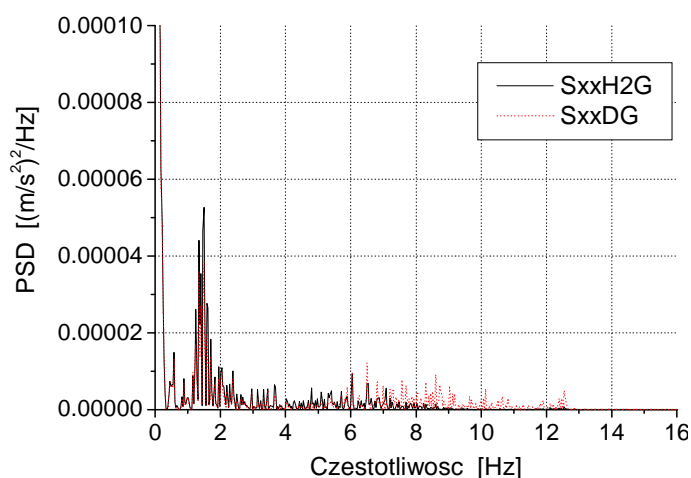


Rys. 10. FSA H2G z DG.

Źródło: opracowanie własne.

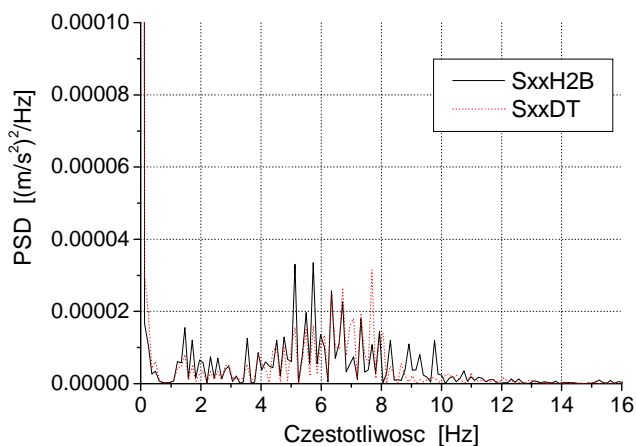


Rys. 11. FSB r H2B z DT.

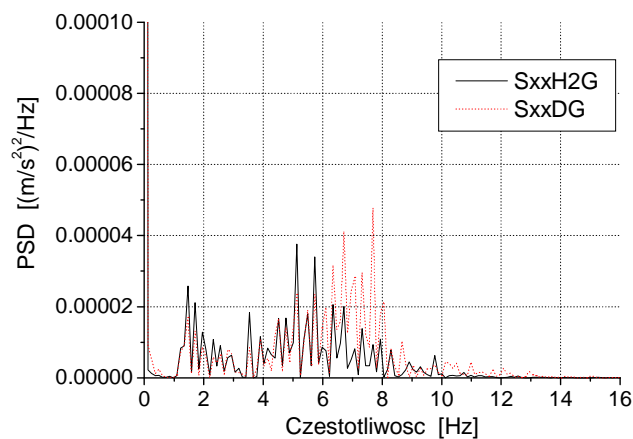


Rys. 12. FSB r H2G z DG.

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 13. FSGb H2B z DT.

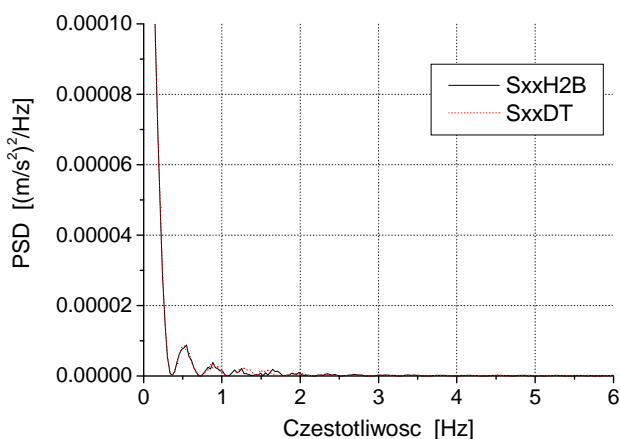


Rys. 14. FSGb H2G z DG.

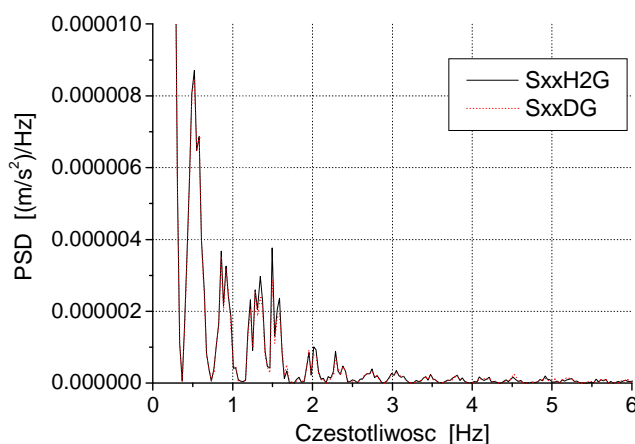
Źródło: opracowanie własne.

Z kolei na rys. 15 do 20 przedstawiono przykładowe wartości gęstości widmowej mocy PSD wyznaczone dla fotelika typu FX. Z przedstawionych wykresów wynika, że:

- w przypadku H2B zanotowano największe wartości PSD dla przedziału częstotliwości 5÷7 Hz, a dla DT w przedziale częstotliwości 8,5÷10 Hz (rys. 17 i 19).
- w przypadku H2G wartości PSD są największe dla częstotliwości w przedziale 5÷7,5 Hz, a dla DG w przedziale 8÷10,5 Hz (rys. 18 i 20).

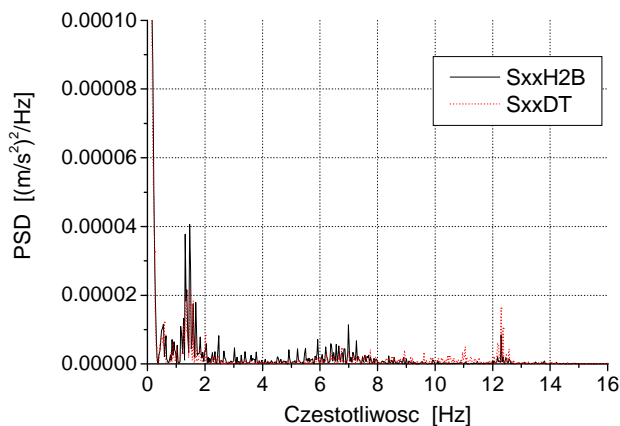


Rys. 15. FXA H2B z DT

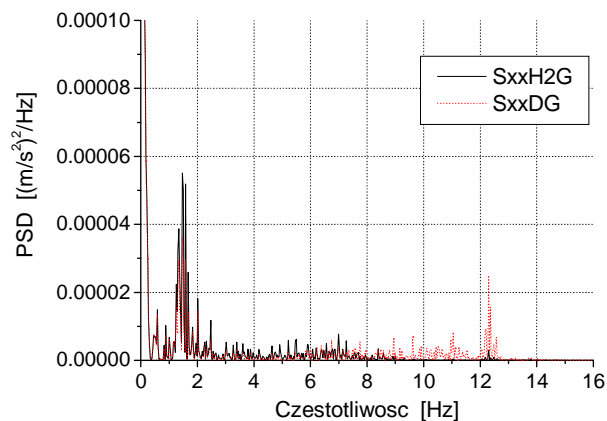


Rys. 16. FXSA H2G z DG.

Źródło: opracowanie własne.

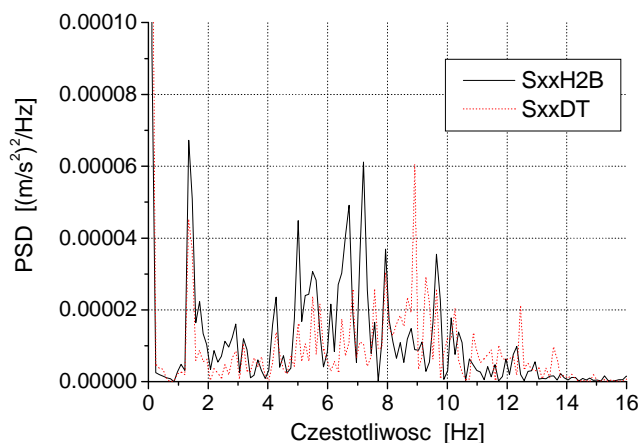


Rys. 17. FXBr H2B z DT.

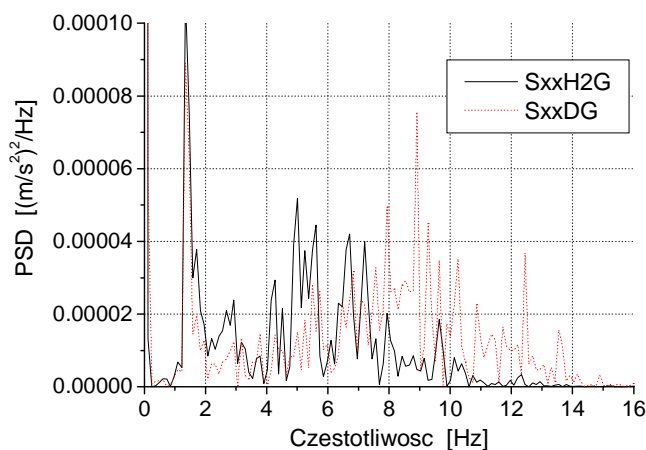


Rys. 18. FXBr H2G z DG.

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 19. FXGb H2B z DT.



Rys. 20. FXGb H2G z DG.

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku dokonanych porównań wartości gęstości widmowej mocy poszczególnych sygnałów, dla przejazdów po różnych nawierzchniach, można sformułować następujące spostrzeżenia dotyczące oddziaływania drgań na dzieci.

1) Przejazd po nawierzchni „gładkiej” asfaltowej (rys. 9 i 10 oraz rys. 15 i 16).

Gęstości widmowe mocy sygnałów dla manekina DZIECKO (DT i DG) w porównaniu z manekinem HYBRID II (H2B i H2G) są jakościowo podobne, a największe wartości PSD przypadają dla częstotliwości 0,5-2 Hz.

2) Przejazd po nawierzchni ze znacznymi nierównościami (rys. 11 i 12 oraz rys. 17 i 18).

Dla fotelików STANDARD (FS) – rys. 11 i 12 w zakresie częstotliwości 9-9,5 Hz występuje zwiększenie PSD w przypadku D w stosunku do H2. Największe wartości PSD przypadają dla częstotliwości 1,5-1,8 Hz. W przypadku H2B i H2G wartości PSD zanikają powyżej 9 Hz, a dla DT i DG powyżej 13 Hz. W przypadku fotelików typu ISOFIX wartości PSD sygnałów dla H2 i D są jakościowo i ilościowo podobne dla częstotliwości do 8 Hz. W przypadku fotelika ISOFIX (FX) rys. 17 i 18 zaobserwowano, dla częstotliwości 9-14 Hz, większe wartości PSD dla D. Powyżej 14 Hz przebiegi PSD dla DT i DG zanikają.

3) Przejazd przez garb (rys. 13 i 14 oraz rys. 19 i 20).

Dla fotelików typu STANDARD – rys. 13 i 14 wartości PSD dla DG i DT są większe w stosunku do H2 dla częstotliwości powyżej 6 Hz. Dla fotelików typu ISOFIX – rys. 19 i 20 wartości PSD dla DG i DT są większe w stosunku do H2 dla częstotliwości powyżej 7 Hz.

4) Porównanie FS i FX.

Charakterystyczną cechą jest to, że największe wartości PSD dla poszczególnych fotelików przypadają przy różnych wartościach częstotliwości z zakresu 0,5-13 Hz. Oznacza to przesunięcie wartości częstotliwości nie tylko w stosunku do poszczególnych fotelików, ale również (a może przede wszystkim) w stosunku do manekina H2. Wyjątek stanowi częstotliwość ok. 0,5 Hz dla nawierzchni typu asfalt oraz około 1,5-1,8 Hz dla nawierzchni nierównej i przejazdu przez garb, dla których zarejestrowano maksymalną wartość PSD dla wszystkich fotelików. Jednocześnie dla zakresu częstotliwości 6-8 Hz występował wzrost wartości PSD dla wszystkich fotelików podczas przejazdu po nawierzchni nierównej przez garb.

5) Im gorsza nawierzchnia (większy poziom wymuszeń od drogi), tym lepiej są zauważalne różnice w częstotliwościach drgań własnych człowieka dorosłego i dziecka

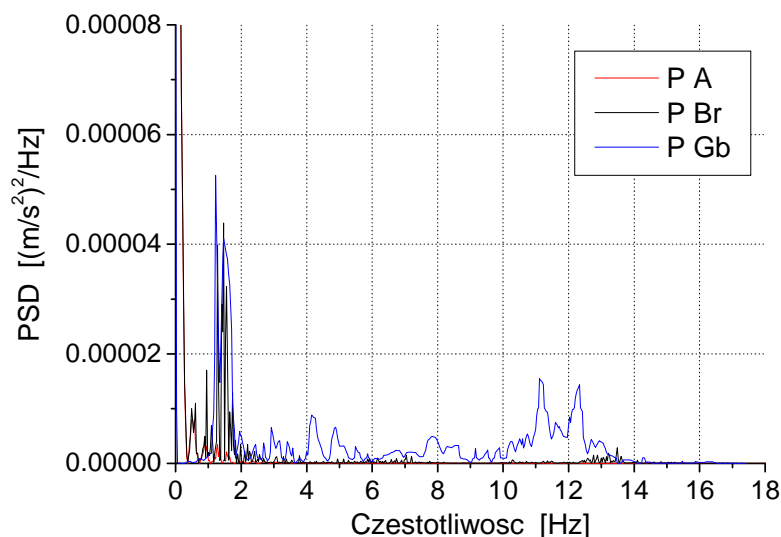
6) Dla częstotliwości z zakresu 4-5 Hz największe wartości gęstości widmowej mocy PSD zarejestrowano dla H2.

7) Dla częstotliwości z zakresu 7-9 Hz większe wartości gęstości widmowej mocy zarejestrowano dla D w stosunku do H2. Różnica ta może być nawet trzykrotna.

8) Przy częstotliwości do 8,5 Hz zaobserwowano zanikanie drgań dla H2, a dla częstotliwości do około 13,5 Hz zanikanie drgań zaobserwowano w przypadku D.

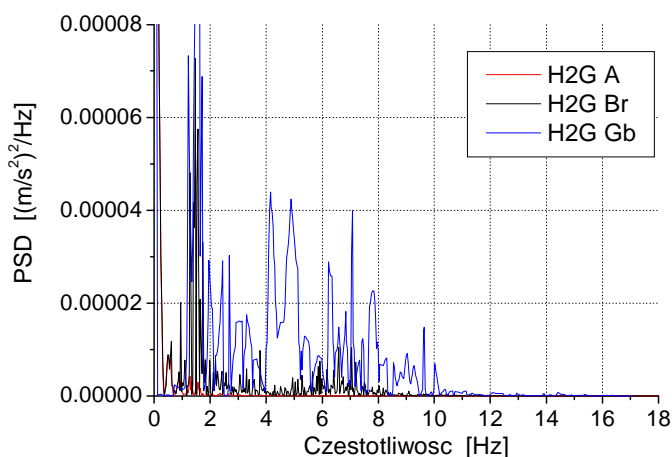
Generalnie można stwierdzić, że wykorzystane do badań foteliki: FS i FX różnią się względem siebie w zakresie częstości drgań własnych zarejestrowanych dla DTi DG dla przejazdów po różnych nawierzchniach. Stwierdzono także „przesunięcie” tych częstotliwości w stosunku do manekina H2. Wyjątek stanowią niskie częstotliwości 0,5 i 1,5 Hz, dla których zarejestrowano zbliżone jakościowo i ilościowo wartości PSD. Jest to poniżej największej wrażliwości człowieka na drgania, która występuje w przedziale 4-8 Hz, co jest korzystne, ponieważ wchodzimy w zakres 3-16 Hz tj. przedziału najsilniejszego absorbowania drgań przez organizm dziecka.

Na rys. 21 do 23 przedstawiono przykładowe porównanie gęstości widmowych (PSD) przyspieszenia pionowego dla poszczególnych rodzajów nawierzchni (A, Br, Gb) w przypadku fotelików typu STANDARD.



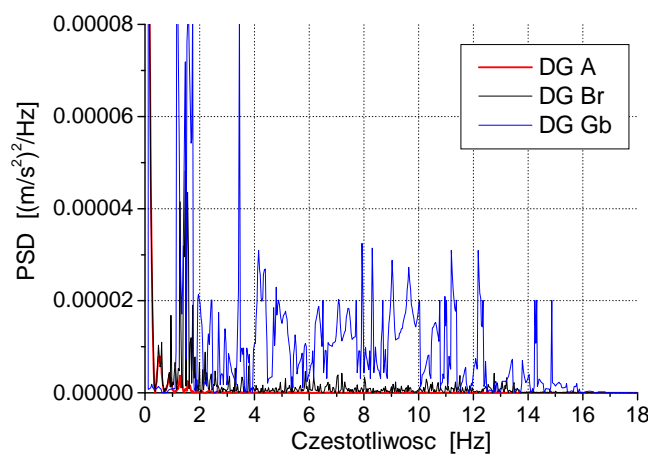
Rys. 21. Porównanie gęstości widmowych mocy (PSD) sygnału zarejestrowanego na podłodze dla trzech nawierzchni.

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 22. Porównanie gęstości widmowych mocy (PSD) sygnału zarejestrowanego dla H2G dla trzech nawierzchni.

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 23. Porównanie gęstości widmowych mocy (PSD) sygnału zarejestrowanego dla DG dla trzech nawierzchni.

Najmniejsze wartości PSD dla trzech nawierzchni wystąpiły dla czujnika umieszczonego na podłodze samochodu. W przypadku nawierzchni Br i Gb wyraźnie widać, że powyżej 10 Hz wartości gęstości widmowej mocy zanikają w przypadku H2G i powyżej 14 Hz dla DG. Jest to zbieżne ze spostrzeżeniami opisanymi wyżej. Wynika z tego, że inny jest zakres częstości drgań dla manekina DZIECKO w stosunku do manekina człowieka dorosłego. W przypadku D jest to szerszy przedział częstości. Podobne spostrzeżenia dotyczą porównanie gęstości widmowych (PSD) przyspieszenia pionowego dla poszczególnych rodzajów nawierzchni (A, Br, Gb) w przypadku fotelików typu ISOFIX.

3. PODSUMOWANIE

Po przeprowadzeniu analizy w dziedzinie częstotliwości dla przejazdów po różnych nawierzchniach, z wykorzystaniem poszczególnych fotelików można sformułować następujące spostrzeżenia dotyczące komfortu jazdy dziecka.

- 1) Foteliki: FS i FX różnią się względem siebie w zakresie częstości drgań własnych zarejestrowanych dla DT i DG dla przejazdów, po różnych nawierzchniach. Oznacza to „przesunięcie” tych częstotliwości w stosunku do manekina HYBRID II (H2). Skutkuje to tym, że w przypadku dziecka wchodzimy w zakres 3-16 Hz tj. przedziału najsilniejszego absorbowania drgań przez organizm dziecka. Wyjątek stanowią niskie częstotliwości 0,5 i 1,5 Hz, dla których zarejestrowano zbliżone jakościowo i ilościowo wartości PSD.
- 2) Analiza w dziedzinie częstotliwości wskazuje, że dla częstotliwości powyżej 9 Hz występuje jednoznaczne zwiększenie absorbowania drgań jazdy dziecka w stosunku do dorosłego.
- 3) W oparciu o analizę w dziedzinie częstotliwości można stwierdzić, że nie jest możliwe wskazanie, dla jakiego typu fotelików (FS czy FX) oddziaływanie drgań podczas jazdy na dziecko jest mniejsze. Również nie można stwierdzić, że absorbowanie drgań podczas jazdy przez dziecko posadowione w foteliku jest mniejsze w stosunku do dorosłego, a wręcz przeciwnie.

Wyniki badań drogowych potwierdzają potrzebę kontynuacji tego typu badań, również na specjalnym stanowisku symulacyjnym.

Streszczenie

Artykuł dotyczy badań eksperymentalnych związanych z oddziaływaniem drgań pionowych na organizm dziecka siedzącego w foteliku podczas jazdy w samochodzie i porównaniu z oddziaływaniem takich drgań na człowieka dorosłego. Do badań wykorzystano manekiny: dziecka i osoby dorosłej. Manekin dziecka był posadowiony na dwóch typach fotelików: konwencjonalnym i z systemem ISOFIX. Dokonano pomiarów przyspieszeń w różnych punktach. Przeprowadzono analizę w dziedzinie częstotliwości. Wyniki analizy zawarte są w tej pracy.

Słowa kluczowe: przewożenie dzieci w fotelikach, komfort jazdy, drgania pionowe, analiza widmowa.

Analysis vertical vibration acting on children sitting in child car seat during ride the car

Abstract

Analysis of vertical vibration acting on child sitting in child car seat and comparison with vibration acting on adult measured during the same car drives has been done in the paper. Measurements were done using child and adult dummies. Dummy of child was seated in the two types of child car seat: with the ISOFIX system of fastening and typical standard fastening. Acceleration acting on dummies was measured in various selected points. Spectral analysis is presented in the paper.

Key words: child car seat, drive comfort, vertical vibration, spectral analysis.

LITERATURA

- [1] Bonnet V. i inni, A structurally optimal control model for predicting and analyzing human postural coordination. *Journal of Biomechanics*, Vol. 44 (2011), s.: 2123-2128.
- [2] Giacomini J. Absorbed power of small children, *Clinical Biomechanics* 20 (2005), pp. 372–380.
- [3] Giacomini J., Some observations regarding the vibrational environment in child safety seats. *Applied Ergonomics*, No 31, 2000, s.: 207-215.
- [4] http://www.polloco.pl/pdf/biala_ksiega_pl.pdf Biała księga, Europejska polityka transportowa w horyzoncie do 2010r.: czas wyborów, Bruksela, 12/09/2001-10-08 COM(2001) 370.
- [5] Murphy J., Child Passenger Safety. *Journal of Pediatric Health Care*. *Journal of Pediatric Health Care* Vol. 12, No. 3., 1998, s.: 130-138.
- [6] Nader M., Modelowanie i symulacja oddziaływania drgań pojazdów na organizm człowieka. *Prace Naukowe Transport, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, Warszawa 2001.

- [7] Rangel S. J. I inni, Alarming trends in the improper use of motor vehicle restraints in children: implication for public policy and the development of race-based strategies for improving compliance. *Journal of Pediatric Surgery* 43, 2008, s.: 200-207.
- [8] Regulation No. 44, Uniform provisions concerning the approval of restraining devices for child occupants of power-driven vehicles (“child restraint system”).
- [9] Starr N. B., Kids and Car Safety: Beyond Car Seats and Seat Belts. *Journal of Pediatric Health Care*, Vol. 15 No. 5, 2001, s.: 257-259.
- [10] Wicher J., Diupero T., Więckowski D., Wpływ drgań fotelika na komfort jazdy dziecka w samochodzie. Opracowanie Problemowe BLY.001.09N, Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Warszawa, 2009.
- [11] Więckowski D., Wicher J., Bezpieczeństwo i komfort dzieci przewożonych w fotelikach samochodowych. *Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów* 1(77)/2010, Politechnika Warszawska, Warszawa 2010, s.: 77-93.
- [12] Więckowski D., Wicher J., Wpływ drgano fotelika na komfort podróżowania dziecka w samochodzie. *Eksploatacja i Niezawodność* 4(48)/2010, s.: 102-110.

Dokumenty normatywne

- [S1] ISO 2631 1974 Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration.
- [S2] ISO 2631-1: 1997 Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole –body vibration. Part 1: General requirements.
- [S3] BS 6841; 1987 Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock.
- [S4] ISO 5982: 2001 Mechanical vibration and Shock – Range of idealized values to characterize seated-body biodynamic response under vertical vibration.
- [S5] ISO 7962:1987 Mechanical vibration and Shock – Mechanical transmissibility of the human body in the direction
- [S6] PN-EN 30326-1 2000 Drgania mechaniczne. Laboratoryjna metoda oceny drgań siedziska w pojeździe. Wymagania podstawowe.
- [S7] ISO 2631-4: 2001 Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole –body vibration. Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport system.
- [S8] ISO 2631-5: 2004 Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole –body vibration. Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shock.
- [S9] PN-S-04100: 1991 Drgania. Metody badan i oceny drgań mechanicznych na stanowiskach pracy w pojazdach.
- [S10] PN-N-01352: 1991 Drgania. Zasady wykonywania pomiarów na stanowiskach pracy.
- [S11] PN-N-01353: 1991 Drgania. Dopuszczalne wartości przyspieszenia drgań na organizm człowieka przez kończyny górne i metody oceny narażenia.
- [S12] PN-N-01354: 1991 Drgania. Dopuszczalne wartości przyspieszenia drgań o ogólnym oddziaływaniu na organizm człowieka i metody oceny narażenia.