

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВИБРАЦИОННИ И ШУМОВИ ЕМИСИИ ПРИ БЕЗБАЛАСТОВ ЖЕЛЕЗЕН ПЪТ И МЕРКИ ЗА НАМАЛЯВАНЕТО ИМ

Коста П. Костов

kkostov@vtu.bg

**ВТУ „Тодор Каблешков”, катедра „Транспортно строителство”
София 1574, ул. “Гео Милев” 158,
БЪЛГАРИЯ**

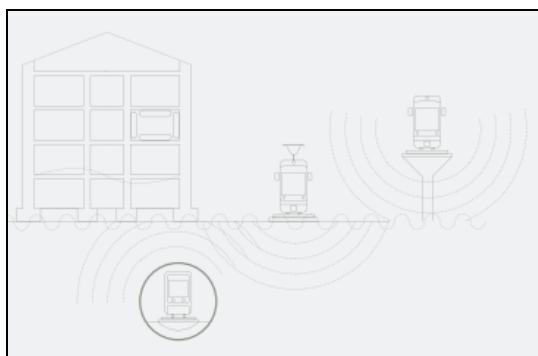
Ключови думи: железен път, шум, вибропогасяващи конструкции, двублокови траверси

Резюме: Целта на доклада е запознаването със създадените до сега конструктивни варианти на виброизолиращи и шумопоглъщащи конструкции при безбаластовия железен път в няколко Европейски страни, както и техният анализ с което да се даде възможността на подобна конструкция за горното строене на железния път да се внедри и в нашата страна. Направен е оглед и са дадени резултати от натурно изпитване на шум и вибрации на участък от безбаластов железен път.

1. Увод

С особено динамични темпове на развитие на железопътните превози, населението на всяка държава приветства реконструкцията на съществуващите и строителството на нови жп линии. Успоредно с това са изразявани опасения по отношение увеличаващите се шумови емисии. Мероприятията за намаляване на шума и вибрациите са свързани с повишаване на материалните разходи. В доста вече европейски държави при строителството на нови участъци се наблюдават дълги шумозащитни стени. Устройствата за защита от вибрации обикновено са невидими.

Защита от трептенията в най – голяма степен е необходима в тунели с плитко заложение при нови линии в градски условия (фиг.1).



Фиг.1

Образуването на шума при движение на подвижния състав се явява като резултат от взаимодействието с конструкцията на пътя. В областта на борба с шума са проведени редица изследвания.

Динамичното взаимодействие между железния път и подвижния състав създава шум и вибрации, които се предават и на разположената в близост до железния път среда – сгради, съоръжения и върху хората, намиращи се в зоната на тяхното разпространение. Проведените изследвания показват, че най-вредни за околната среда са низкочестотните трептения, възникващи при взаимодействие на колелото с релсата. Принос за шума и вибрациите дават също така трептенията при работа на двигателите и другите системи от обзавеждането на подвижния състав, както и триенето му с въздушната среда.

Аналогични изводи могат да бъдат посочени и за вибрациите. Основни източници на вибрации са наставите и неравностите по релсите и колелата, възбуждащи допълнителни инерционни сили на необресорените маси, създаващи вибрации в релсите, предавани и на съседните им среди. Установено е, че вибрационното въздействие са възприема непосредствено от организма на човека при което рецепторите реагират на честотни трептения от около 30Hz.

Освен неприятните усещания за хората, вибрациите предизвикват и чисто технически последици, които за железния път се изразяват в ускорено натрупване на остатъчни деформации, в по – интензивно разхлабване на болтовите връзки при междинните скрепления, намаляване на надлъжните съпротивления при преместване на релсите и други.

В настоящия доклад се разглеждат варианти на монолитна подрелсова основа конкретно в тунели и метрополитени за горното строене, погасяващи вибрациите и излъчвания шум.

Звукоизолиращата горна повърхност на безбаластовия железен път рефлектира върху разпространяващата се незатихваща звукова енергия в околното пространство. Еластичните опорни точки на релсата при монолитния железен път, предизвикват разделяне от релсата с траверса и излъчване на шум във въздушна среда чрез горната повърхност на бетоновия, респективно асфалтовия носещ пласт.

2. Шумови характеристики на железопътния трафик и нива на шума

В строителната акустика е прието за шумови характеристики на железопътните потоци да се използват еквивалентното ниво на звука L_{Aeq} и максималното ниво на звука L_{Amax} в dB(A) на базисно разстояние 25 m от оста на коловоза.

Очакваното максимално ниво на звука L_{Amax} , излъчван от ж.п. състави на разстояние 25 m от оста на ж.п. коловоза се определя по формулите:

- за високоскоростни влакове (фиг.2):

$$L_{Amax} = 0,07V + 73, \text{ dB(A)}$$

- за пътнически влакове:

$$L_{Amax} = 23\lg V + \Delta L_{Az.cmp.} + 37, \text{ dB(A)}$$

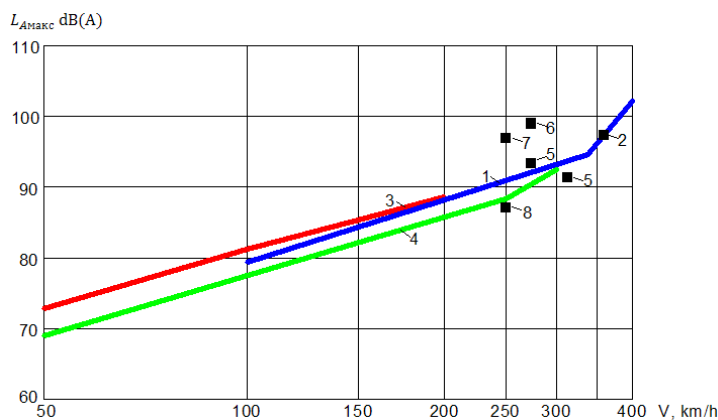
- за товарни влакове:

$$L_{Amax} = 23\lg V + \Delta L_{Az.cmp.} + 40, \text{ dB(A)}$$

Шумовите характеристики на високоскоростните влакове се отчитат по данни от литературни източници [напр. 8]. За еталон са посочени високоскоростните влакове

TGV-A и TGV-SE (Франция), ICE (Германия), ETR-450 и ETR-500 (Италия), като най-високо специалистите оценяват конструктивните решения на френските TGV-A.

На фиг. 2 е показана корелацията на максималните нива на звука и скоростта на движение на горепосочените високоскоростни влакове.

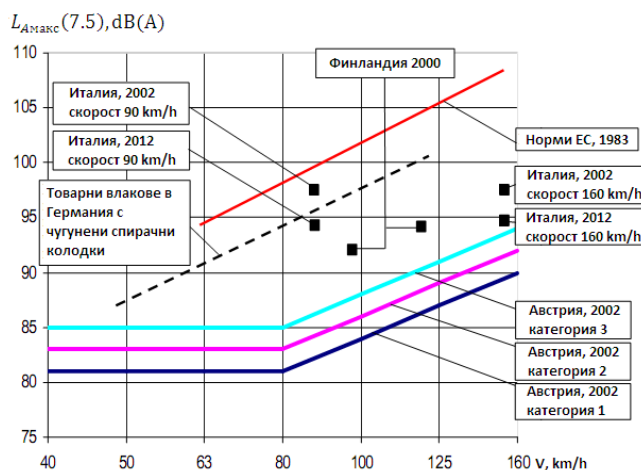


Фиг. 2. Максимални нива на звука, dB(A), на високоскоростните влакове на разстояние 25 m при различни скорости на движение (1,3,4) и при фиксирани скорости на движение (2,4-8):

1 – шум от взаимодействието колело/релса за TGV (Франция); 2 – аеродинамичен шум на TGV; 3 – шум на влака IC (Германия); 4 – шум на влака ICE (Германия); 5 – шум на TGV-A; 6 - шум на TGV-SE; 7 - шум на влака ETR-500 (Италия); 8 - шум на влака ETR-450.

На фиг. 3 са дадени нормите в някои страни от ЕС за максимално допустимото ниво на шума, което не трябва да бъде надвишавано от влаковете, т.е. регламентират се техните шумови характеристики [9].

Данни за шумовите характеристики на високоскоростните влакове от подобен порядък са представени в [10], където за скорост 160 km/h $L_{Aeq, (25)} = 81-84$ dB(A), а за скорост 200 km/h - $L_{Aeq, (25)} = 85-95$ dB(A).

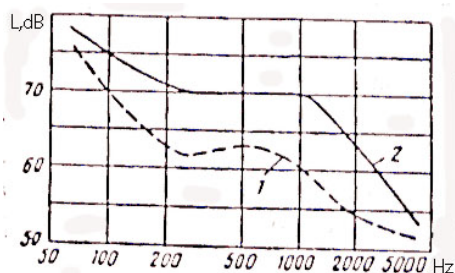


Фиг. 3. Норми на шума на железопътния транспорт в някои страни на ЕС. Зависимости между пределно допустимите нива на шума, dB(A), и скоростта на движение, km/h

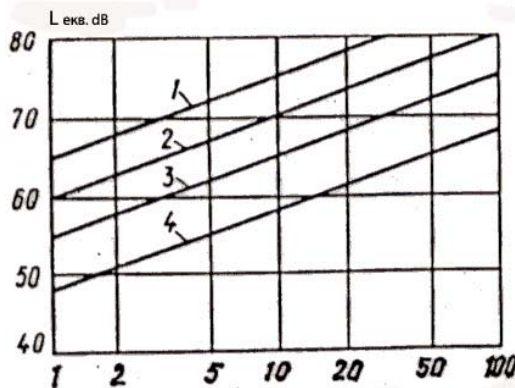
3. Проблемът за защита от шум и вибрации

Разпространяваният например в съседната на метрополитена среда шум се предава както чрез въздуха (т.н. “въздушен шум”), така и чрез твърдите материали и среди (т.н. “корпусен шум”). За разположените под земята метрополитени корпусният шум е с основна и преобладаваща значимост. При него преобладават ниските честоти – от 40 до 80 Hz.

В тунелите общият шум се усилва вследствие отражението на звуковите вълни от основата, стените и свода на тунела. На фиг.4 са представени криви на спектъра на шума, измерени при преминаване на влакове по открити участъци (1) и в тунели (2).



Фиг.4



Фиг.5

Нивото на шума зависи също така от вида, броя на преминаващите влакове и скоростта на движение. На фиг.5 е показано нивото на шума в зависимост от преминаващите за един час влакове в двете посоки на разстояние 25m от оста на железния път. Така например на открити участъци при скорост 40km/h, 7,5m от оста на коловоза достига 80 – 85 dB и нараства приблизително с 3-4 dB при увеличаване на скоростта с 10km/h. В тунелите нивото на шума (фиг.4) е с около 10 dB по – високо, поради многократните отражения в стените.

Обикновено засегнати от корпусния шум са намиращите се на разстояние до около 30m от тунелите сгради. Това разстояние зависи и от фактори, като ниво на подпочвените води и вида на почвите (свързани или несвързани). При най-неблагоприятни условия с увеличаване на отдалечаването с 1m нивото на корпусния шум в критическия диапазон 40 до 80 Hz се снижава с 1-2 dB. Разпространението на корпусния шум се благоприятствува от строителни фундаменти, високото ниво на подпочвените води, от наличието на водопроводни, канализационни и топлопроводни инсталации.

3.1. Контрол при измерване на вибрациите

Независимо от това, дали вибрациите се преценяват като вредни само за конструкциите или се използват за извършване полезна работа, тяхното въздействие върху човека във всички случаи е нежелателно. Те предизвикват разстройване на нервната система, намаляване на зрителната способност, загуби на концентрация, а в зависимост от тяхната честота и ниво стават причина за трайни увреждания на човешкия организъм.

Вибрациите се характеризират със следните параметри: *честота на периодичното трептене (вибрация)* - величина, обратна на периода на трептенето. Изразява се с броя на пълните цикли на трептене за време 1 s. Контролира се в Hz.

За извършване на контрола на вибрациите се изготвя програма, в която се посочват:

- обекта;
- работният режим на обекта (с постоянни или циклични вибрации);
- контролните параметри (виброускорение, виброскорост, вибропреместване);
- точките на контрола (местата на контакт с вибриращата повърхнина);
- начина на закрепване на вибродатчика;
- направленията на контрола (координатни оси);
- апаратурата за контрол и нейната грешка;
- необходимият брой контрол или времето за регистрация на контролните параметри.

За определяне местата на вибродатчиците осите им се ориентират по избраните направления от ортогоналната координатна система.

При контрол на вибрациите датчиците се поставят в местата на контакт с вибриращата повърхнина. При невъзможност се допуска поставянето им в други близки точки, в които контролният параметър се отличава с не повече от 1 dB от стойността му в местата на контакт.

Надеждността на закрепването на датчика върху изследвания обект е едно от най-важните условия за получаване на точни резултати при виброконтрола. Неправилното или ненадеждното закрепване на датчика предизвиква намаляване на неговата резонансна честота, а оттам и намаляване на работния честотен диапазон. Вибродатчиците се закрепват чрез междинен метален диск. Дискът трябва да бъде с размери 300 на 300 [mm] и дебелина 4 mm.

Целта на контролът е да се получат характеристики, необходими за оценка на вибрационните въздействия в реални условия. Контролът на вибрациите се извършва в октавни ленти със следните средногеометрични честоти: за общи вибрации - 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500 и 1000 Hz;

Ако при започване на контролът се установи, че в едно от направленията стойността на параметъра превишава съответните стойности в другите направления с повече от 4 пъти (12dB), допуска се контрол на параметрите на вибрациите да се проведе само в това направление.

При контролът на параметрите на периодични вибрации времето на контрола трябва да бъде: за обхват от 0,7 до 5,6 Hz - не по-малко от 20 s; за обхват от 5,6 до 22,4 Hz - не по-малко от 2 s; за обхват над 22,4 Hz - не по-малко от 1 s.

При контрол на параметрите на случайни вибрации времето на контрола трябва да бъде не по-малко от 30 s.

Нивото на смущенията трябва да бъде с не по-малко от 4 dB по-ниско от нивото на контролирания параметър. При разлика от 4 до 5 dB от стойността на контролното сумарно ниво (с влиянието на смущенията) трябва да се извадят 2 dB, а при разлика от 6 до 9 dB - да се извади 1 dB. Ако тази разлика е от 10 dB и повече, корекции за отчитане влиянието на смущенията не се правят.

При разлика в резултатите от контрола с повече от 1,5 пъти (3 dB) броя на контрола се удвоява. Контролираните параметри на случайните вибрации се извършва един път.

В настоящия доклад са представени данни (табл.1 и табл.2) от извършено контролно измерване на вибрациите на метростанция „Сердика” на път 1 и път 2 при преминаване на нов влак. Точките на контрол за всяка едната от страните, разположени по външен страничен край на релсовия път са по пет, като разстоянието между тях е 5m.

Таблица 1

Параметри на общи вибрации при преминаване на влакови композиции

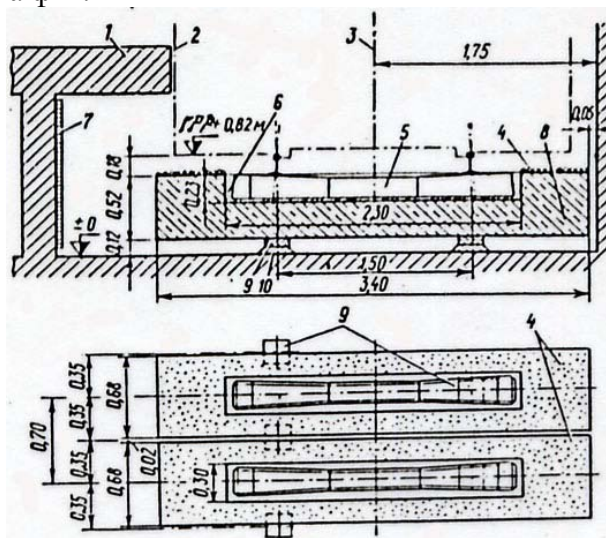
№ по ред	Точка на контрол	Място на контрола	БДС ISO 2631-1 и Наредба № 3/05.05.2005г.	Виброускорение в [m/s ²]	Виброскорост в [mm/s]	Вибропреместване [m]
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
МЕТРОСТАНЦИЯ „СЕРДИКА” бул. „БРАТЯ МИЛАДИНОВИ”						
ПЪТ – 1 Нов влак						
1.	Точка на контрола № 1	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,028	0,22	0,026
2.	Точка на контрола № 2	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,028	0,22	0,026
3.	Точка на контрола № 3	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,022	0,19	0,022
4.	Точка на контрола № 4	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,023	0,20	0,024
5.	Точка на контрола № 5	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,018	0,16	0,019
6.	Точка на контрола № 1	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00010	0,0012	0,00014
7.	Точка на контрола № 2	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00023	0,0028	0,00034
8.	Точка на контрола № 3	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00019	0,0022	0,00028
9.	Точка на контрола № 4	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00014	0,0018	0,00022
10.	Точка на контрола № 5	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00011	0,0013	0,00016

Таблица 2

Параметри на общи вибрации при преминаване на влакови композиции

№ по ред	Точка на контрол	Място на контрола	БДС ISO 2631-1 и Наредба № 3/05.05.2005г.	Виброускорение в [m/s2]	Виброскорост в [mm/s]	Вибропреместване [m]
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<u>МЕТРОСТАНЦИЯ „СЕРДИКА”</u> бул. „БРАТЯ МИЛАДИНОВИ”						
<u>ПЪТ – 2 Нов влак</u>						
1.	Точка на контрола №1’	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,020	0,17	0,020
2.	Точка на контрола №2’	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,025	0,22	0,026
3.	Точка на контрола №3’	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,020	0,17	0,020
4.	Точка на контрола №4’	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,021	0,19	0,023
5.	Точка на контрола №5’	X координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,024	0,21	0,025
6.	Точка на контрола №1’	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00015	0,0018	0,00022
7.	Точка на контрола №2’	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00021	0,0026	0,00031
8.	Точка на контрола №3’	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00018	0,0022	0,00026
9.	Точка на контрола №4’	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00012	0,0015	0,00018
10.	Точка на контрола №5’	Z координата	Дневна стойност на експозиция на вибрациите	0,00009	0,0011	0,00013

без баластово легло изисква по – малка строителна височина. Примерна такава конструкция е показана на фиг.7



Фиг.7. 1-платформа; 2-габаритно очертание; 3-ос коловоз; 4-пенополиуретанов слой за погасяване на въздушния шум; 5-моноблоков траверс; 6-циментов разтвор; 7-стъклоvlakно; 8-сглобяеми стоманобетонни елементи; 9-опори от еластомер с дебелина 6-8 cm; 10-изравнителен слой от синтетична смола;

Подразделението на системата „маса – пружина” е в зависимост от динамичното натоварване, тунелната основа и звукоизолационната способност се различават тежката система “маса – пружина” (SMFS) се използва при честота от 6 до 12 Hz, леката система “маса – пружина” (LMFS) се използва при честота от 12 до 25 Hz.

Таблица 3

	Тежка система „маса – пружина”	Лека система „маса – пружина”
Честота на собствени трептения	7 до 12 Hz	≥ 12 до 23 Hz
Дебелина на плочата	голяма	малка
Възможни опори	- Единична опора с еластомер - Единична опора със стоманена пружина	- Ивична опора с еластомер - Площна опора с еластомерно покритие
Контрол и заменяемост на опората	Опорна шахта, служеща за достъп за смяна и възможност за контрол на опората и тунелната основа	Възможност за замяна на опорите при направени отвори в плочата. Местно ограничаване на контрола чрез шахта или пробити отвори.

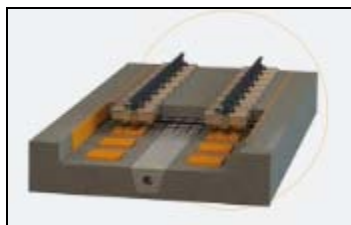
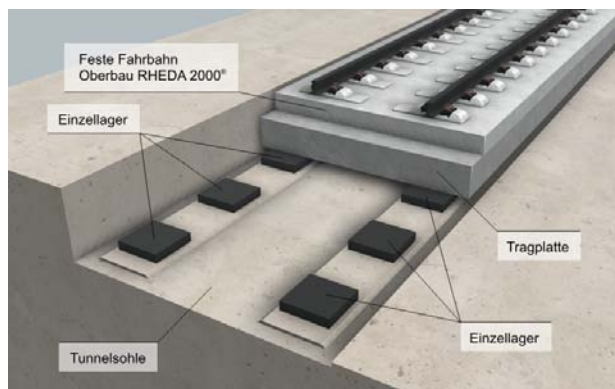
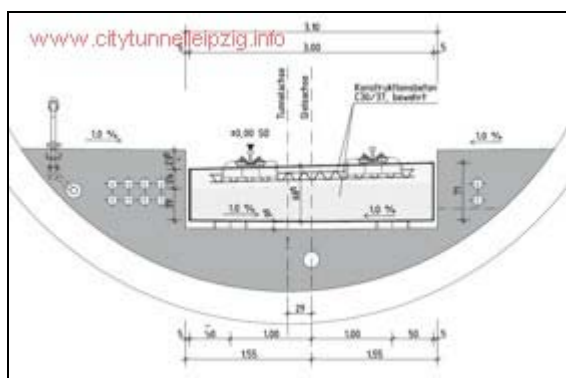
4.2.1. Система маса – пружина върху единични опори

Системата маса – пружина на единични опори се прилагат в силно чувствителни зони за намаляване на изходящия корпусен шум. Това са еластични елементи (еластомерен блок, състоящ се от Sylodyn®) между тунелната конструкция (основата на тунела) и носещата конструкция на горното строене (стоманобетонна плоча). Предизвикват се технически вибрации, отделящи горното строене от земната основа.

Разстоянието между две съседни опори в надлъжно направление е 2,8m.

Тази конструкция (фиг.8) отговаря на сегашното състояние на техниката и на най – високите изисквания за защита (демпфериране) от механичния шум и звукоизолация от 30dB и повече.

Физическият смисъл на виброизолацията е голямото собствено тегло на носещата част на горното строене на железния път и разположените под тях еластомерни блокове. Извършва се съгласуване между масата и коравината на носещата конструкция на железния път, както и на пружинната динамика на еластичния елемент. Системата може да се опише като компенсация на инерционните (динамични) сили.

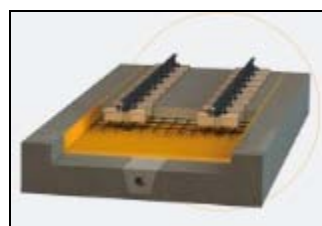
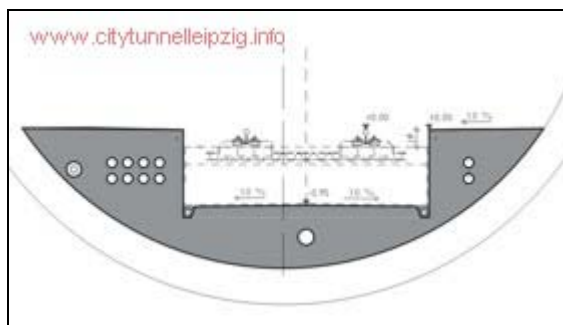


Фиг.8

Общата дължина на изградената конструкция горно строене в градски тунел в гр.Лайпциг е 2340 m, при широчина от 3.00 m и височина от 66 - 74 cm в зависимост от надвишението в кривите, като масата и възлиза на 5t/m.

4.2.2. Система маса – пружина върху площна опора

Тази система върху площна опора (фиг.9) се прилага в чувствителни области в градски тунели в близост до сгради с цел да се намали разпространението на корпусния шум. Прилага се полиуретанова еластична изолация от Sylodyn с различна дебелина, варираща от 12,5 mm до 40 mm. Широчината на системата възлиза на 3.00 m и височина от 70 - 83 cm в зависимост от надвишението. Прилагат се двублокови траверси Тип В 355.5 W54M.



Фиг.9

В отделни случаи на изпълнението, дебелината на опорната носеща плоча е 50cm. Основата на пътя представлява хидравлично свързан носещ пласт с дебелина около 20cm от неармиран бетон и в някои участъци уплътнена баластра с малка зърнометрия. Долните и странични подложки притежават достатъчен резерв от носеща способност, при което тяхната твърдост нараства под действие на натоварването. Последното обстоятелство е наложило 40% от подложките да се заменят с по-евтини от минерални влакна.

С помоща на площната еластична опора се реализират собствени честоти в диапазона 14 – 25 Hz. Това съответствува на достигането на показателя за демпфериране на механичния шум до 30dB.

5. Мероприятия за намаляване вибрациите и звукоизолация

Изследванията, проведени в различни страни от Европейския съюз, а и извън него показват, че високоскоростните жп магистрали излъчват по – малък шум в сравнение с автомагистрала при еднаква превозна способност. При това спектралните характеристики и периодичността на проявление във времето по – малко безпокоят човека. В същото време съществуват и твърде ефективни методи за защита от шума с помощта на инженерни съоръжения, като изкуствени насипи, екрани (бариери) и лесонасаждения в открити участъци от железния път.

При това, че високоскоростните жп магистрали влизат в централните градски райони, а произвеждания шум от подвижния състав се увеличава при нарастването скоростта е поставен въпроса: намаляване на скоростта на влаковете в населените места или търсене на ефективни средства за борбата с шума.

На въпросите свързани със защита от шума се придават все по – голямо значение и във Франция, Германия и Италия при строителството на високоскоростните жп магистрали.

Установено е, че в различните диапазони на скоростта се получава шум от различни източници – табл.4.

Таблица 4

Източник на шума, dB	Скорост на движение на влака, km/h		
	300	320	350
От механични части на подвижния състав	69,5	70,5	71,5
От релси, подрелсова основа и мостови конструкции	66	66,5	67
От токоприемника и контактния проводник	68	69,5	72
Аеродинамичен от горните елементи на подвижния състав	68	69,5	72
Общо ниво	74	75	77

Основната причина за появата на аеродинамичния шум е прекъсването на въздушния поток (турбулентност), аеродинамичните повърхности на подвижния състав, издадените части на токоприемника и др. Специфичен шум с взривообразен характер във вид на удар (акустичен удар) се генерира от влакове със скорост над 200 km/h при преминаване порталите на тунелите. При навлизане на подвижния състав в тунел с висока скорост възниква ударна вълна, разпространяваща се към неговия противоположен край. В зависимост от редица фактори – дължина на тунела, дължина на ударната вълна и за сметка на явлението интерференция възникват акустични ефекти, често оказващи отрицателно въздействие както на пътниците, така и на хора, намиращи се в близост до порталите на тунела.

Подрелсовата основа на железния път във вид на стоманобетонни плочи (безбаластово платно) е насочила усилията за намаляването на вибрациите и шумовите

емисии. За това се прилагат различни уплътнителни и еластични подложки, замазки, и вискозни запълнители.

В последните три десетилетия в различни страни са проведени експерименти, установяващи причините и определящи ефективни средства за намаляване шумовите въздействия от подвижния състав при високоскоростните жп линии. За това са приети мерки към защита от шума в диапазон при скорост на движение до 300 km/h. Комплекса от тези мероприятия е наречен LNT (Low-Noise Technology), като включва:

- съоръжаване всички колооси с дискови спирачки вместо с калодки, позволяващи съхраняване гладката повърхност на колелата да по – дълъг експлоатационен период, с което и се намалява шумовата емисия;

- редовно шлифование на релсата;
- използване на демпфериращи накладки на дисковете на колелата;
- изграждане в близост до железния път на низки шумозащитни екрани;

Правени са опити за намаляване разпространението на шума, чрез направа на покривка от баластра с по-дребна фракция върху горния пласт с което е постигнато по-висок коефициент на поглъщаемост.

С построените участъци от монолитна основа при Германските железници още през 1994г. върху земно платно са проведени обширни изследвания за намаляване разпространението на звука с изпълнени различни покрития. Първо е следван опита с максимално използване на свободното пространство в областта под пета релса и странично на железния път. С това е постигнато редуциране на стойността при разпространението на шума до 7 dB.

Единичните междинни подложки в местата на опирания на релсите при безбаластовата основа спомагат за освобождаване на събраната енергия от динамичното натоварване и поглъщане на вибрациите при масивния носещ пласт от бетон, респективно асфалт. Достатъчно е в чувствителните области, като например в близост до сгради, в тунели или върху мостове да се изпълнява монолитна подрелсова основа чрез полагане на еластични материали в подрелсовите опирания, под траверсите или под носещия пласт с оглед оптимизиране на вибрациите.

Като ефективен метод за редуциране на вибрациите и вторичния звук (корпусен звук) във въздушна среда може да намери приложение системата „маса – пружина”.

Към основния фактор от който зависи изграждането на релсовия път се предявяват определени изисквания. Те са свързани както с намаляване на причините за възбуждане на колебания и създаване на шум, изразяващи се в осигуряване на гладка повърхност на релсите – без настави, без вълнообразни очертания на глава релса и др., така и с усиляване на еластичните и демпфериращи качества на подрелсовата основа.

6. Изводи и препоръки

От представените данни на причините предизвикващи шума и вибрациите, възможните начини за въздействие на елементи от конструкцията на горното строене, имащи практическо значение могат да бъдат:

- работната повърхност на релсата – вълнообразното ѝ износване увеличава много интензивно нивото на шума. След шлифование на релсата, шумът може да се снижи до 10 dB. В стрелките също се наблюдава повишено ниво на шума с около 10 dB;
- релсови скрепления с висока еластичност – или възможност за увеличено еластично преместване на релсата под действие на товара. Но разбира се

тази еластичност не може да се увеличава неограничено. Става въпрос за оптимална еластичност на възела на скреплението и като съотношение на еластичните характеристики във вертикална и хоризонтална равнина. Желаните еластични качества се подбират най – често чрез избор на подходящи елементи със зададени качества. Ефектът от погасяване на шума по този начин е в честотния диапазон 30-35 Hz, а при 50 Hz достига 10 dB;

- О еластични материи – прилагат се еластични подложки, например на границата между горното строене и тунелната конструкция. Ефектът от този тип защита от шум и вибрации се чувства при честоти 16-18 Hz, при 50 Hz нивото се снижава до 20 dB;

Система маса – пружина – създаване на „подпружинена” (аналогично на подресорена) маса от пътя със сравнително ниска собствена честота на колебание в границите на 8-14 Hz. Тази система е най – ефективна. В някои от случаите системата маса – пружина изисква по – голяма конструктивна височина на горното строене. При правилно оразмерена такъв тип система позволява пълно изключване на предаването на шум и вибрации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Darr E., Fiebig W. “Feste Fahrbahn – Konstruktion und Bauarten fur Eisenbahn und Strassenbahn”, VDEI, Germany, 2006;
2. Anforderungskatalog zum Bau der Festen Fahrbahn, 2002;
3. Железные дороги мира, Москва, 2008 - №6, 66-71;
4. Наредба 6 за показателите за шум в околната среда, отчитащи степента на дискомфорт през различните части на денонощието, граничните стойности на показателите за шум в околната среда, методите за оценка на стойностите на показателите за шум и на вредните ефекти от шума върху здравето на населението. ДВ, 58/2006;
5. Техническа инфотека – фирма “Новинтех”, Москва;
6. Николов Н., “Шумът от железопътния транспорт в урбанизираните територии”;
7. М.Иванова, Я. Иванова "REASONS FOR SOME TROUBLES OCCURRING IN URBAN RAILWAY" , Златибор, Сърбия - Межд. Научна конференция 2011;
8. М.Иванова, Н. Бабунска "Рехабилитация на трамваен релсов път и пътни платна на бул. "Витоша", в участъка от бул. "Патриарх Евтимий" до ул. "Краище" , "Младежки форум 2011" Научнотехнически съюз 2011;
9. Фирма “Хеспа” ООД - Комплексен център по здраве и безопасност при работа, околна среда и енергийна ефективност;
10. БДС ISO 2631-1:2004 – Вибрации и удар. Оценяване на въздействието на вибрации върху човешкото тяло;
11. Наредба 7 от 23.09.1999 г. за минималните изисквания за Здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното оборудване;