

# AN EXPERIMENTAL STUDY AND ANALYSIS OF A NEW RAILWAY TRANSPORT NOISE ABSORBER

**Abstract:** An experimental study of a new construction of an absorber for reduction of the wheel/rail contact induced noise is made in this study. Noise pressure levels measurement in different settings of the absorber is made. On the base of the analysis of the results, some conclusions for its practical implementation are stated. The experimental data will be used in verification of the numerical investigations of noise absorbers.

**Key Words:** Acoustic noise, acoustic railway noise reduction, railway noise absorber, noise barriers

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА НОВ АБСОРБЕР ЗА АКУСТИЧЕН ШУМ ОТ РЕЛСОВИ ПЪТИЩА

доц. д-р инж. И. Кралов  
[kralov@tu-sofia.bg](mailto:kralov@tu-sofia.bg)

маг. инж. А. Пискова  
[a\\_piskova@tu-sofia.bg](mailto:a_piskova@tu-sofia.bg)

доц. д-р инж. К. Неделчев  
[krasined@tu-sofia.bg](mailto:krasined@tu-sofia.bg)

Технически университет – София, България

**Резюме:** В настоящата работа е извършено експериментално изследване на нови конструкции акустични абсорбери за снижаване на шума от контакта колело-релса, породен при движението на железопътни превозни средства. Направено е замерване на нивата на излъчваният шум при различни конструктивни решения на заглушителя. Въз основа на анализа на резултатите са направени изводи за практическото реализиране на устройството. Получените резултати ще бъдат използвани за верифициране на числените изследвания на звуковите абсорбери.

**Ключови думи:** Акустичен шум, снижаване на акустичен шум от жп транспорт, абсорбери на акустичен шум, шумови прегради.

### 1. Въведение

Железопътният транспорт заема важна роля в транспортната система на всяка страна, тъй като развитието на промишлеността и търговията на страната до голяма степен зависи от развитието на железниците.

През последните няколко години темата за вредата на шума върху околната среда, привлича все повече и повече внимание. В този смисъл въпроса за абсорбиране на шума е силно актуален. Наблюденията показват, че има много идеи и конструктивни решения за снижаване на шума на база на MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), преобразуватели за абсорбиране на акустичната енергия и др. [6, 8].

Шумът от железопътни превозни средства произлиза от редица източници: тяговите двигатели, охладителни системи, дизел-генераторите при тягов състав с комбинирано задвижване, трансмисии, аеродинамичен ефект при висока скорост, контактът колело-релса. Други източници на шум се появяват в зависимост от режимите на движение, като например, шум при спиране, преминаване през надлези и мостове, шум от преминаване на композицията през крива, преминаване през релсови наставки и други. Известно е, че при скорости да 50 км/ч преобладава шумът,

генериран от контакта на колелото с релсата, при скорости между 50 км/ч 100 км/ч доминиращ е шумът от агрегатите, а над тази скорост основен е аеродинамичният шум [4].

След редица изследвания е установено, че шумът от контакта колело-релса, или така наречения „шум от търкаляне“ (Railway Rolling Noise) се предизвиква от структурните трептения на колелото, релсата, крепежните и свързващи елементи на железният път, както и от грапавостта на контактната площ между колелото и релсата. Основно влияние върху генерирането на шум от контакта колело-релса имат: грапавостта, видът на спирачната система, цикличността при поддръжката на колоосите и релсите, контактната площ, броя на колоосите, скоростта на железопътното возило, изменението на механичните характеристики на компоненти от железния път и др. [3, 5, 7, 10]

Основните видове патентно защитени методи за снижаване на излъчвания от контакта между колелото и релсата шум при движението на жп возила [8] са:

#### 1.1. Намаляване нивото на излъчвания структурен шум:

1.1.1. Чрез конструктивни изменения в колелата на жп возила:

- патент CZ9701819 - чрез това решение се цели основно въздействие върху намаляването на излъчвания структурен шум от колелата. Предимство на метода е относително простата конструкция и монтаж, а недостатъкът му е необходимостта от прилагането му върху всяко колело. Последното изисква масовото му производство. Ефектът от снижаването на излъчвания шум от всяко колело е относително малък, но се мултиплицира поради големия брой колела в една композиция.

- патент JP4062208 –с това решение се цели намаляването на нивото на звука става чрез специална форма на направляващите и увеличаване на демпфирането посредством конструктивни отвори, чрез които звуковите вълни преминават и се наслагват в резонансни абсорбатори . Тук конструкцията е относително по-сложна и отново се изисква масово производство. Степента на снижаване на шума е съпоставима с предходното решение.

#### 1.1.2. Чрез изолация на релсовия път и неговия фундамент:

- патент YUP80803 - известна изолационна конструкция, покриваща фундамента и траверсите между релсите, така, че да поглъща в по-висока степен излъчваната звукова енергия и да бъде преграда на излъчвания от фундамента и релсите структурен шум. Това решение е сложно от конструктивна гледна точка, приложимо е само в районите на спирки и станции, тъй като изисква наличието на фиксиран фундамент. Предимството е по-високата степен на снижение на излъчвания структурен шум в районите на спирки и гари.

### **1.2. Ограничаване на разпространението на шума чрез прегради:**

#### 1.2.1. Чрез стационарни прегради:

-патент JP4213070 - представено звукоизолационно оборудване, което ограничава и снижава шума от търкалянето на колелото по релсата, достигащ в долната част на вагона, а също изолира излъчвания шум от контакта на електрическата мрежа с токоотвеждащите устройства. Недостатък на това решение е скъпата конструкция, която изисква и построяването на носещата го преграда. В литературата липсват точни данни за степента на снижаване на шума от контакта колело-релса в този случай, но е очевидно, че това устройство е неприложимо в районите на спирките.

- патент CZ21803 - разработена е модулна конструкция за монтаж и сглобяване на фундамент и релсов път, като отстрани има прегради за разпространението на шума, фиксирани от фундаментните плоскости. При

това решение се цели да се намали излъчвания структурен шум от фундамента и се ограничи разпространението му хоризонтално на нивото на релсите. Очевиден недостатък на решението е изискването за наличие на фиксиран фундамент и относително сложната му конструкция. Въпреки липсата на данни за степента на снижаване на излъчвания шум, може да се очаква, че ефектът ще бъде осезаем.

#### 1.2.2. Чрез подвижни прегради:

- патент WO2009133172 - подвижни стени, успоредни на релсовия път, които да служат като прегради за разпространението на шума, перпендикулярно на релсовия път. Очакваното тук снижението на шума зад преградите трябва да е значително. Сериозен недостатък на решението е сложната и скъпа конструкция, както и неприложимостта и в районите на спирки, гари и в тунели.

Съществуващите патентни решения за намаляване на излъчването и разпространението на шум от контакта колело-релса при железопътни возила са насочени в две направления:

-намаляване на излъчвания шум от колелата (релсите);

-ограничаване на разпространението на излъчвания шум чрез прегради и абсорбатори.

Решенията от първия вид са относително с по-ниска себестойност и повсеместно приложение. Решенията от втория вид са относително по-скъпи и с ограничено приложение по отношение на различни участъци от жп трасетата. Съществен техен недостатък е неприложимостта им в тунели, на мостове, в близост до естествени прегради и др. [1].

Наложително е намирането на нови решения за прегради и абсорбатори, които да ограничават и намаляват излъчвания шум от контакта колело-релса, които да имат възможност за прилагане в райони на спирки, в тунели, метростанции, както и в извън гаровите участъци.

Идея за нов вид абсорбер за акустичен шум, отговарящ на горните условия, е предложен в [8], а в [9] е представено и експериментално изследване на един вид конструкция на абсорбера.

Целта на тази работа е да се направят експериментални изследвания на различни конструкции на предложеното ново решение [9] за намаляване нивото на шума от железопътния транспорт.

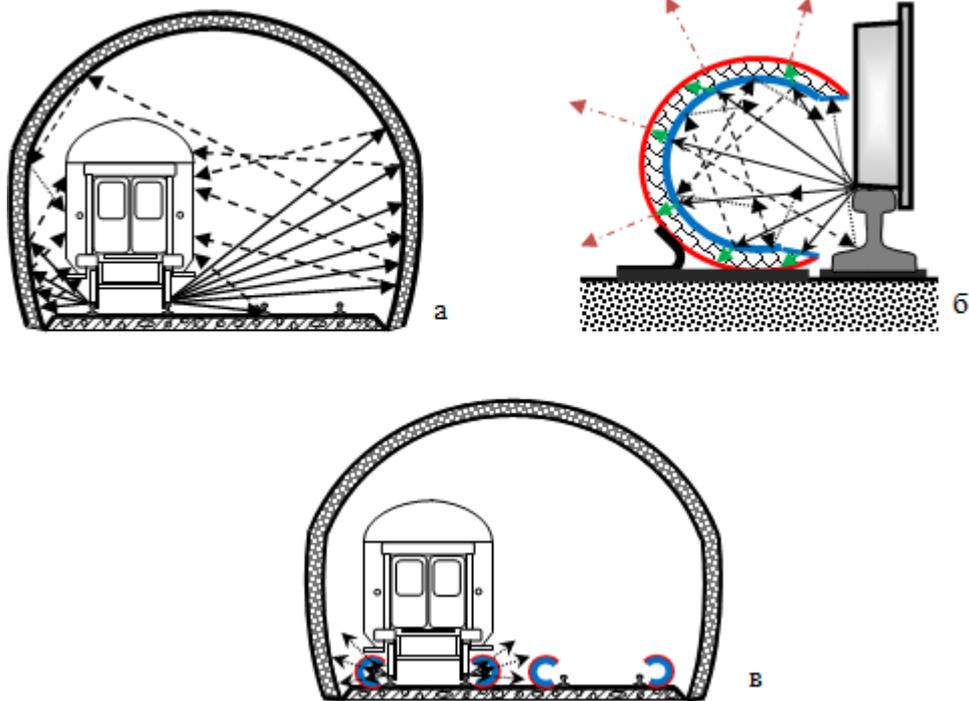
### **2. Експериментално изследване**

Представеният метод за абсорбиране на акустичния шум от контакта колело-релса при

железопътния транспорт (фиг. 1-а) е предложен от авторите за първи път през 2011 г. [6]. Конструктивното решение улавя и абсорбира звуковата енергия (акустичният шум) в близост до източника, като за целта то се монтира в близост, успоредно на релсите. Разположението е показано съгласно фиг.1-б в железопътни гари на фиг.1-в при железопътни тунели.

Предложеният и изследван абсорбер в [9] е от профилирана PVC тръба, като за абсорбиращ материал е използвана минерална вата, прилепена към вътрешната повърхност на тръбата.

При новото конструктивно решение, тръбата също е от PVC материал, но е с гладка повърхност. За абсорбиращ материал е отново използвана минерална вата.



фиг.1 Приложение на метода

Експерименталната постановка е представена на фиг. 2. Използвана е камера с размери 50x55x100см. Тя има гладки стени за създаване на дифузно звуково поле, а отвън е покрита с шумоизолиращи материали. В камерата е поставен източника на шум. За експеримента е използван генератор и усилвател на шум. Измерванията са реализирани със система за измерване на шума Bruel & Kjaer PULSE. Използван е микрофон, който е разположен на разстояние 1 м от абсорбера.

Спектралния анализ е направен при следните параметри: експоненциално усредняване при 1/1 октавен филтър; експоненциално времево усредняване с 1/4 секунда със свободно тригериране; долна граница 16 Hz; горна честотна граница 10 kHz, за да има съпоставимост на резултатите с тези от литературни данни [2]. Измерванията са повторени и оценени по скала А. Всички данни получени са обработени съгласно нормативната уредба за тарирание и измервателна процедура, както и за оценяване на грешката при измерване.

Използваната апаратура е:

- 1) Генератор на „бял“ и „розов“ шум тип 03004-Robotron – Germany;
- 2) Измервателен усилвател LV102;
- 3) Тонколона;
- 4) Измервателен микрофон Bruel & Kjaer 4144;
- 5) Система за измерване на шума:
  - Мобилен компютър;
  - Специализиран софтуер за измерване на шум и вибрации – LabShop 13.1;
  - Пет канален измервателен усилвател Bruel & Kjaer PULSE 3560B.

Извършвано е едновременно измерване на нивото на звуковото налягане при източника и след абсорбера (преградата) в октавни честотни спектри. За гарантиране на достоверността е измерен и шумовият фон в помещението, като резултатите показват, че той е по-нисък с повече от 10 dB от измерваното ниво в целия честотен диапазон. В съответствие с нормативните изисквания е направен запис за определен период от време и за окончателни

резултати са взети осреднените им стойности. Преди измерванията е извършено калибриране на измервателния тракт.

Направени са измервания на нивото на звуковото налягане, без абсорбер (преграда) и с абсорбер, като за целта абсорберът е монтиран с отвора си до изхода на звуковата камера и е уплътнен. Регистрирани са нивата на звуковото

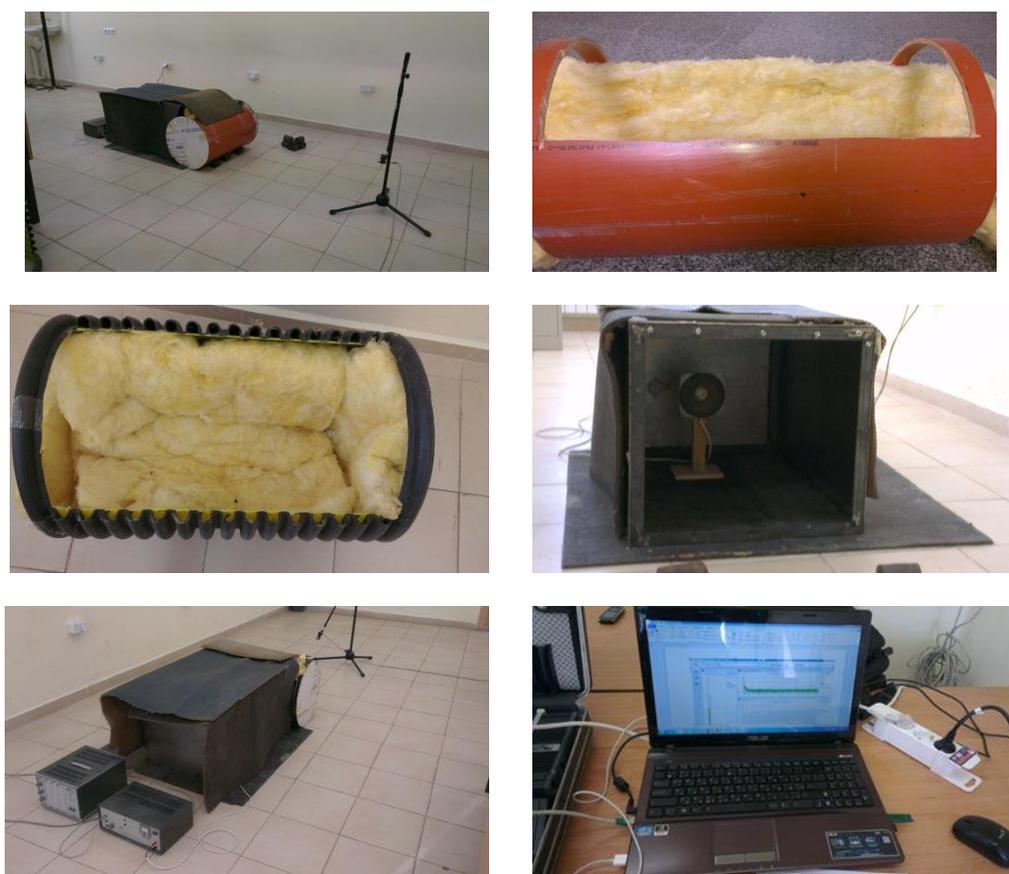
налягане, при различни конструктивни решения на звуков абсорбер:

- Вид 1 - профилирана PVC тръба, без вата;
- Вид 2 - профилирана PVC тръба с вата;
- Вид 3 - гладка PVC тръба без вата;
- Вид 4 - гладка PVC тръба с вата.

На фиг. 3 са дадени снимки на тестваните конструкции и на опитната постановка.



фиг.2



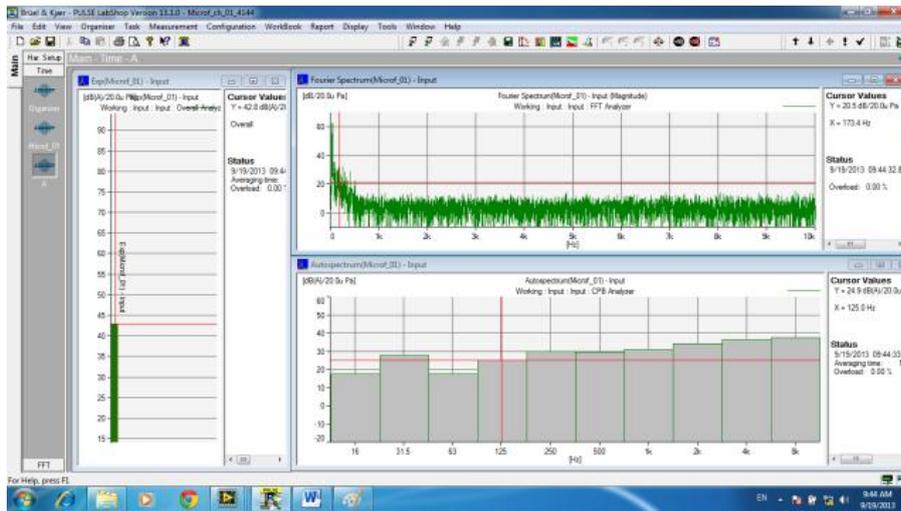
фиг.3

### 3. Експериментални резултати

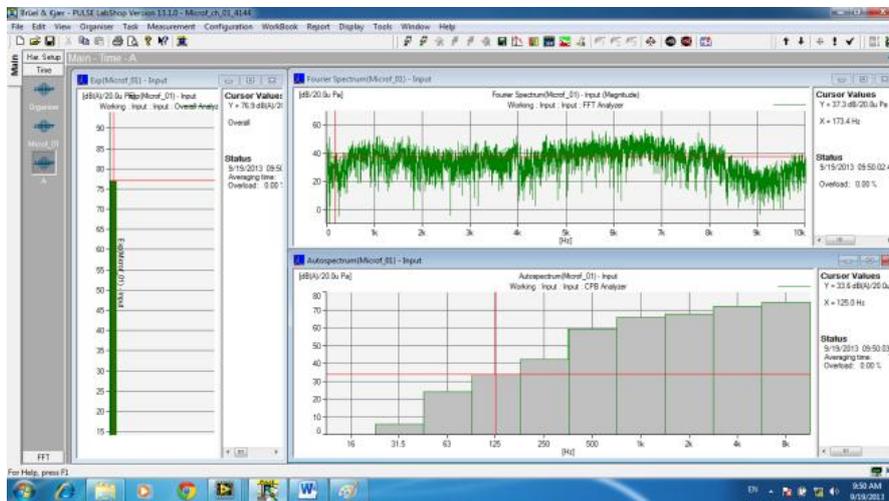
Резултатите от изследването са получени след поредица от измервания, реализирани от RMS (Root Mean Square) функцията на измервателната техника и апаратура.

Генерираният шум е в честотен диапазон от 125 Hz до 8000 Hz.

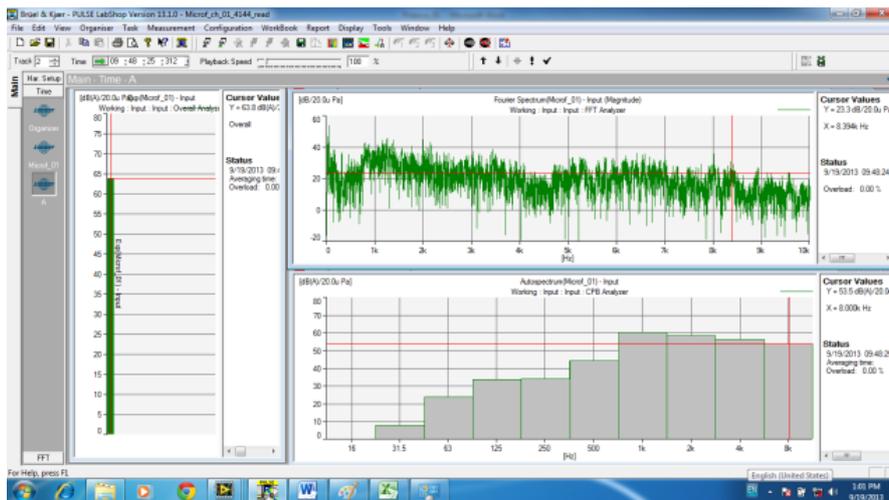
Резултатите от измерването са представени в табл.1, като за по-голяма яснота резултатите са представени и графично на фиг.3. Степента на абсорбиране на акустичният шум е показана в табл.2, а графично на фиг.4.



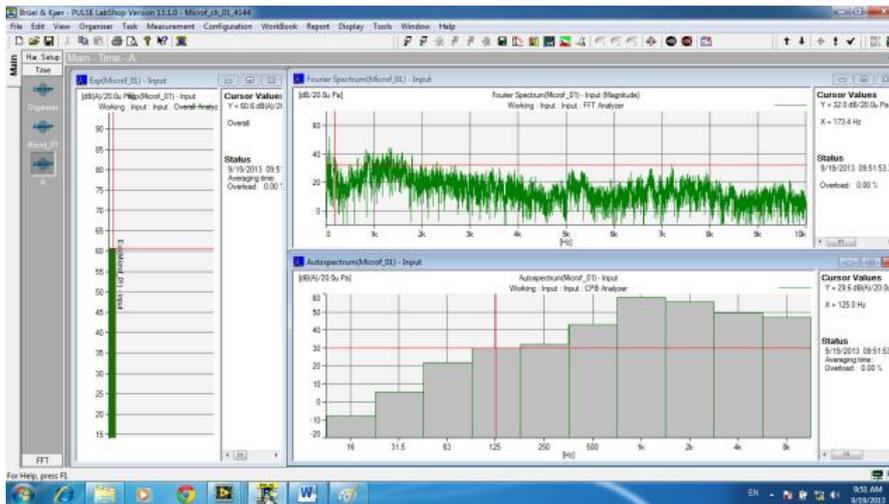
*Mic\_011\_1.dat – Фонов шум на помещението*



*Mic\_011\_2.dat – Генериран шум, без абсорбер*



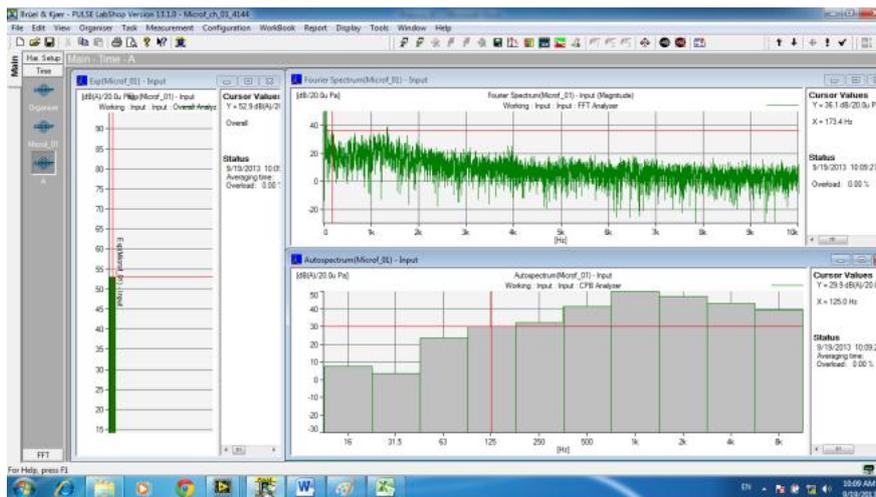
*Mic\_011\_3.dat – Буд 1*



*Mic\_011\_4.dat – Bud 2*



*Mic\_011\_5.dat – Bud 3*



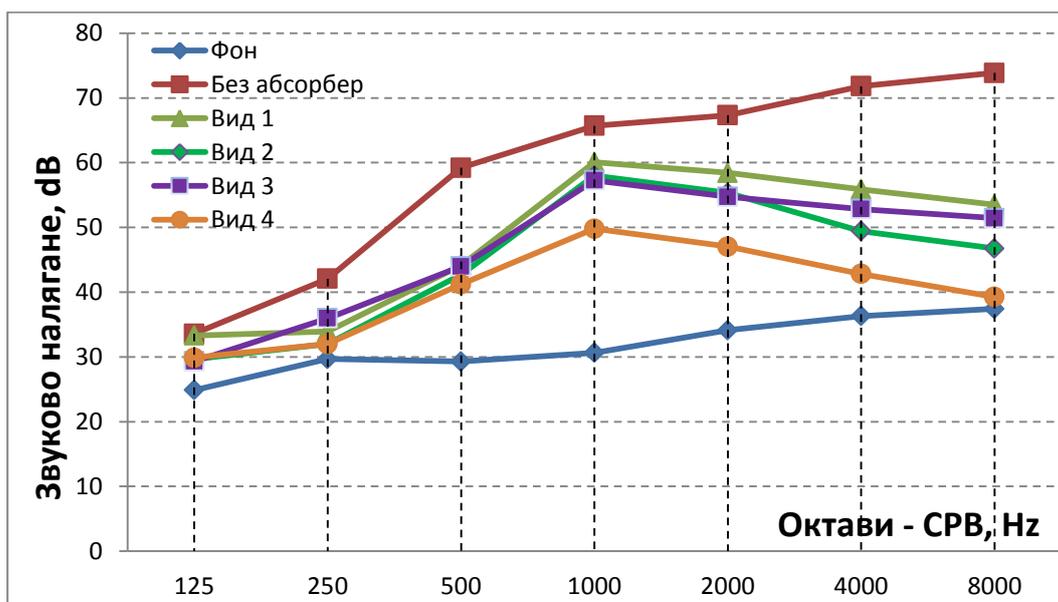
*Mic\_011\_6.dat – Bud 4*

Табл.1 Числени резултати от измерването

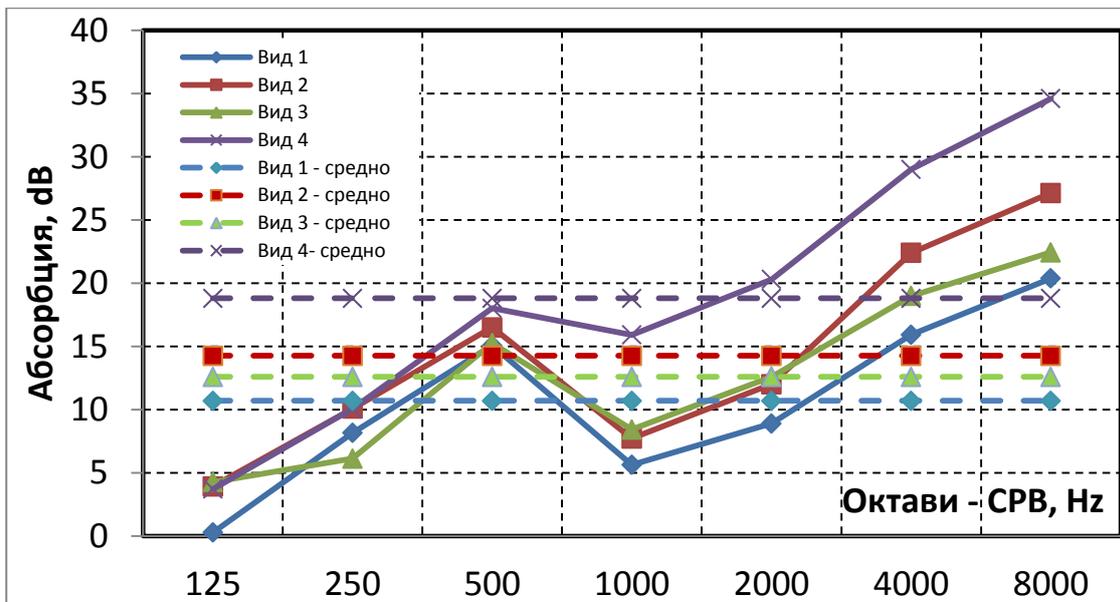
Вид Конструкция	Максимални стойности на нивото на звуковото налягане, [dB]							
	скала А	Октави, [Hz]						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
Фон	42.8	24.87	29.69	29.28	30.65	34.12	36.32	37.41
Без абсорбер	76.9	33.58	42.08	59.23	65.71	67.34	71.83	73.87
Вид 1	63.8	33.3	33.92	44.16	60.08	58.43	55.9	53.49
Вид 2	60.6	29.65	32	42.72	57.99	55.33	49.42	46.73
Вид 3	60.8	29.31	35.96	43.97	57.28	54.73	52.83	51.43
Вид 4	52.9	29.87	32.00	41.21	49.8	47.03	42.82	39.26

Табл.2 Изчислена степен на абсорбция

Вид конструкция	Абсорбция, [dB]								
	скала А	Октави, [Hz]							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	средно
Вид 1	13.1	0.28	8.16	15.07	5.63	8.91	15.93	20.38	10.7
Вид 2	16.3	3.93	10.08	16.51	7.72	12.01	22.41	27.14	14.26
Вид 3	16.1	4.27	6.12	15.26	8.43	12.61	19	22.44	12.59
Вид 4	24	3.71	10.08	18.02	15.91	20.31	29.01	34.61	18.81



фиг.3 – Измерено ниво на звуковото налягане



фиг.4 – Абсорбция на тестваните модели в dB

#### 4. Анализи и изводи

От получените резултати се вижда, че и за четирите конструкции абсорбирането на акустичния шум е над 10 dB в честотния диапазон 3500 – 8000 Hz, като показателите конкретно за новата конструкция абсорбер са над 20 dB. Това е много добър резултат, като се вземе предвид, че според A. Van Beek [12] акустичният шум излъчен при търкаляне, се извършва главно в обхвата между 2000 и 4000 Hz. Резултатите показват, че в целият изследван честотен диапазон, нивото на абсорбция, при новата конструкция е средно 18.81 dB с инсталирана минерална вата, и средно 12.59 dB без инсталирана вата. Вижда се и очакваният факт, че при високите честоти степента на абсорбция е по-голяма от тази при ниските честоти.

По скала А степента на абсорбция е 16.1 dB при вид 3 и 24 dB при вид 4.

От резултатите, показани на фиг. 4, можем да заключим, че най-добра абсорбция е постигната при новото конструктивно решение, с инсталирана минерална вата. Най-високо ниво на абсорбция се постига при честота над 4000 Hz.

Редукцията на акустичният шум при новия абсорбер в нискочестотния диапазон (125-250 Hz) е средно 5.2 dB – без вата и 6.9 dB – с вата; в средночестотния диапазон (250-1000 Hz) е средно 11.92 dB – без вата и 17 dB – с вата; във високочестотния диапазон (1000-8000 Hz) е средно 18 dB – без вата и 28 dB – с вата.

#### 5. Заключение

В тази работа е представено експериментално изследване на различни конструкции за нов вид абсорбер на акустичен шум.

Направеното изследване показва, че представеното ново конструктивно решение абсорбер има висока степен на намаляване на акустичният шум, в широк честотен диапазон, което в известна степен се дължи на плътността на гладката PVC тръба.

Практическата приложимост на изследваните конструктивни решения за абсорбер се обуславя и от редица други предимства: проста конструкция, ниска цена за производство, липсата на специална поддръжка при експлоатацията, лесно изграждане без специални изисквания и без високи енергийни разходи и др.

#### Благодарности

\*Експериментът, описан в тази статия, е реализиран с финансовата подкрепа по проект №132ПД0003-04

#### 6. Литература

1. Кралов, И., "Анализ на патентни решения за намаляване на излъчвания шум от контакта колело-релса при движението на железопътни транспортни средства", Варна;
2. Кралов, И., С. Банов, Технически Университет – София, „Шум в транспортната техника“;
3. Hubner, P., Reducing railway noise, strategic challenges and state of the art, Forum Acusticum, 1243-1248, 2005;

4. Hardey, A., R. Joes, "Rail and wheel roughness -implications for noise mapping based on the Calculation of Railway Noise procedure, AEA Technology Rail, Issue 1, March 2004;

5. Jansen, E., "Acoustic measurement on rolling stock retrofitted with composite brake blocks", IPG Rail seminar, December 2008;

6. Kralov, I., S. Terzieva, I. Ignatov, "Analysis of methods and MEMS for Acoustic Energy Harvesting with Application in Railway Noise Reduction", Proceedings of the 3rd International Conference МЕСАHИTECH'11, Bucharest, 2011;

7. Kralov, I., K.Nedelchev, I.Ignatov, „ Experimental study of the noise generated by wheel-rail interaction”;

8. Kralov, I., "A new solution for the railway noise reduction”;

9. Kralov, I., I.Ignatov, "Experimental study and analysis of a new wheel/rail contact noise absorber”;

10. Thompson, D., C. Jones, A review of the modelling of wheel/rail noise generation, *Journal of Sound and Vibration*, 231(3), 519-536, 2000;

11. Trevor, J., P. D'Antonio, *Acoustic Absorbers and Diffusers*, Taylor & Francis, 2009.

12. Van Beek, A. et al., Task 1.2.1, *State of the art*, Technical Report, SNCF, 2002;

Патент № CZ9701819;

Патент № JP4062208;

Патент № YUP80803;

Патент № JP4213070;

Патент № CZ21803;

Патент № WO2009133172