

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЗВУКОВОТО ПОЛЕ НА УНИКАЛНИ БЪЛГАРСКИ КАМБАНИ'

Тихомир Стефанов Трифонов, Иван Симеонов Иванов

UNIQUE BULGARIAN BELLS SOUND FIELD CHARACTERISTICS'

Tihomir Stefanov Trifonov, Ivan Simeonov Ivanov

' This work was supported by the Bulgarian Ministry of Education and Science under Grant # KIN-1009, 2006

Abstract: In this paper some characteristics of unique Bulgarian bells sound field are presented. The experimental setups and signals processing are described.

Key words: bells, acoustics, power spectral density, measurement

Увод

Съхраняването на уникалния звън и параметрите на ценни за нашата култура камбани е предизвикано както от патриотични, така и от чисто научни подбуди, тъй като това е сериозно научно предизвикателство. Още повече, че едни от най-старите запазени камбани в Европа се намират в България, която като член на Европейския съюз дава своя принос в европейското културно пространство.

Измерването на звук и вибрация в условията на реални обекти — камбанарии на църкви и музейни помещения е сложна задача. Предложената експериментална постановка би позволила да се анализира и запише честотният спектър на камбаните в момента на удара, както и да се анализира и запише честотният спектър на камбаните след края на преходния процес. [1,2,3,4,7,8]. Допълнително могат да бъдат оценени редица параметри, които ги характеризират.[9].

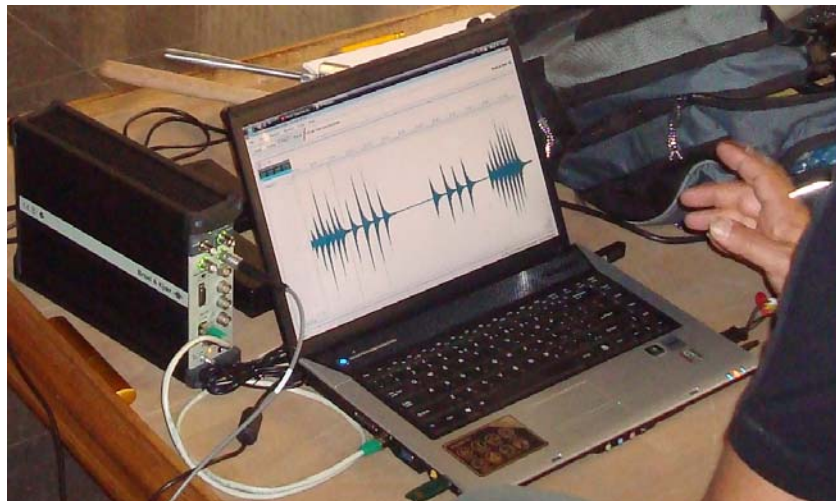
I. Измервателна постановка

Измервателната постановка включва следните елементи:

- първичен преобразувател — измервателен микрофон 4193 Brüel&Kjær,[6] с предусилвател, интегриран чип за опознаване по технология TEDS и индивидуални калибровъчни криви;
- вибродатчик TRV-01 SPM Instrument;

- анализатор 3560B Brüel & Kjær, [6] за работа при външни условия включващ: входни модули Dyn-X със 160 dB динамичен диапазон и автоматично опознаване на първичните преобразуватели по стандарта IEEE P 1451.4; изходна комуникация по IEEE Ethernet 802.3 100 base X по протокол TCP/IP; възможност за многокадрово управление;
- Софтуерен пакет PULSE 12 базов с двуканален модул за CPB (Constant Percentage Band) анализ /с постоянна относителна честотна лента/; петканален модул за запис на суров времеви сигнал; модул за връзка Bridge to MatLab;
- Софтуерен пакет MatLab на MathWorks с модули за FFT и Wavelet анализ.[10]

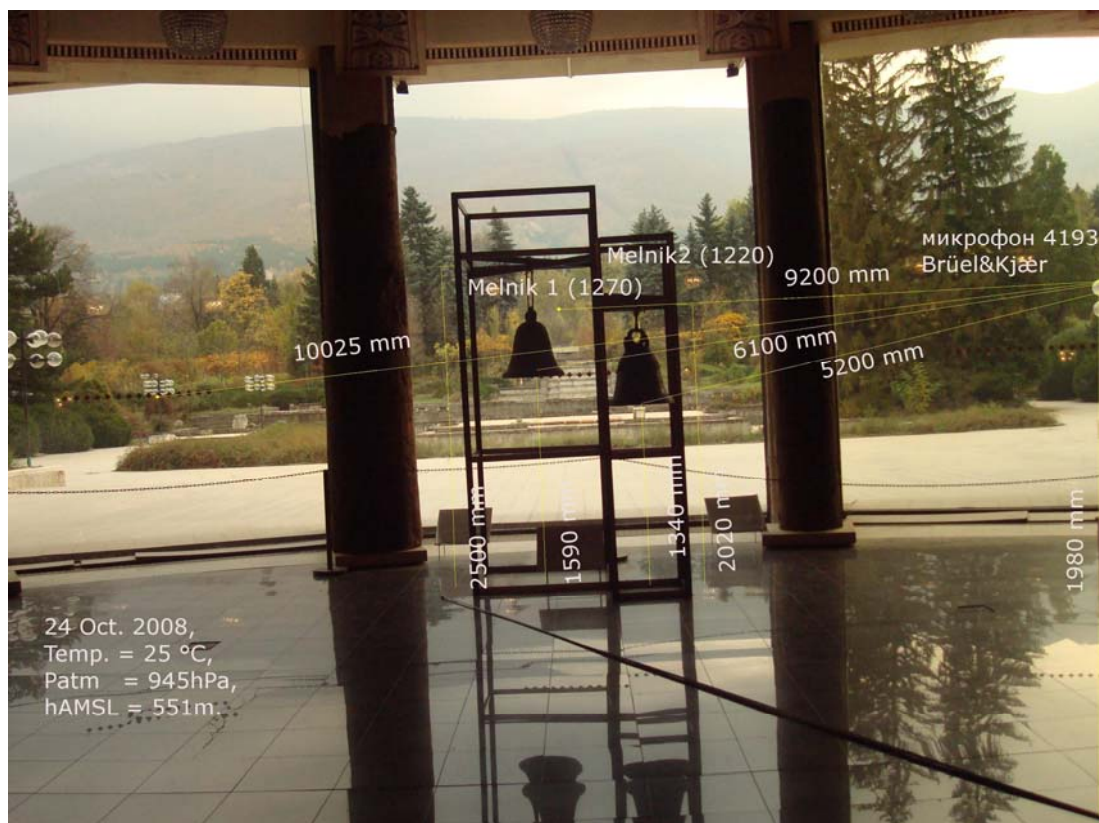
Както се вижда, апаратурата е уникална и към настоящия момент е най-доброто възможно решение в световен мащаб. На Фиг. 1 е показана част от нея.



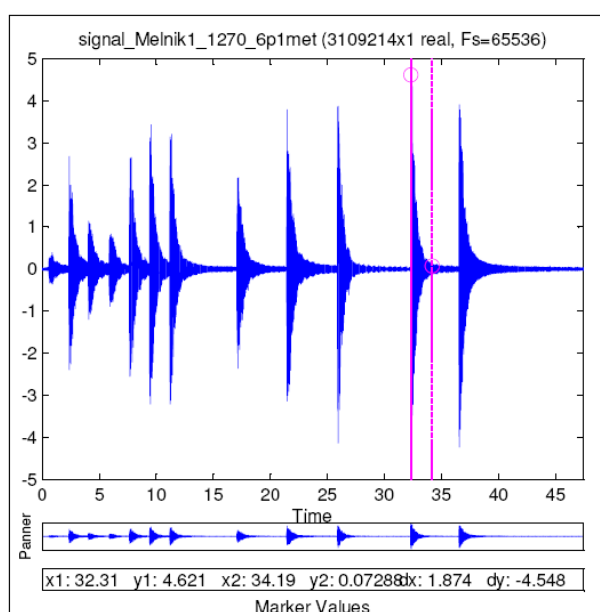
Фиг.1. Анализатор 3560B Brüel & Kjær

В настоящата работа ще се разгледа експериментална постановка, реализирана при записването на звъна на уникални български камбани от XIII век – означени като Melnik2 от 1220год. и Melnik1 от 1270год.[2]

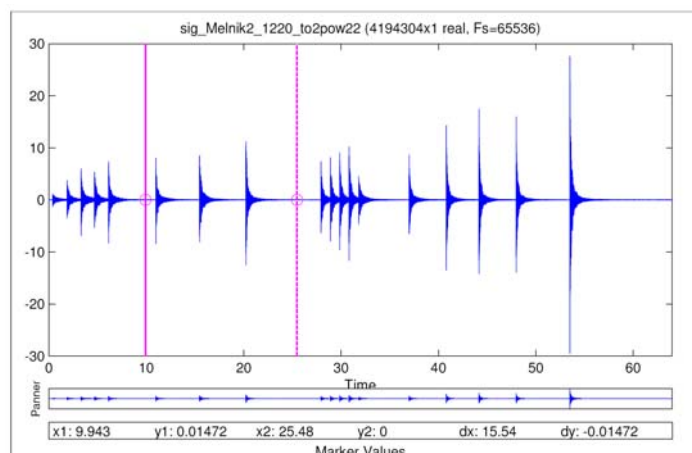
На Фиг.2 е представена схема на геометричното разположение на измервателния микрофон 4193 Brüel&Kjær,[6] и камбаните Melnik1 и Melnik2. С дървено чукче бяха произведени няколко удара. Запис на звуковия сигнал за ударите на камбана Melnik1 от позицията на микрофона показана на фиг.2 (дистанция 6,1 метра) е представен на фиг.3.



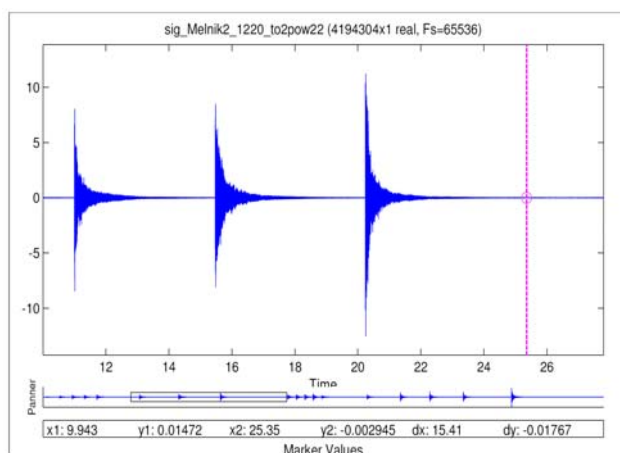
Фиг. 2. Схема на разположението на камбаните и измервателния микрофон



Фиг. 3. Сигнал "mel1.mat", 3109214 отчета, честота на дискретизация $F_s = 65536$, дистанция до микрофон 4193 от 6,1метра



Фиг. 4. Сигнал “mel2.mat”, 4194304 отчета, честота на дискретизация $F_s = 65536$,
дистанция до микрофон 4193 от 0,61 метра
(Signal_Melnik2_1220_61cm_0to2pow22sampl)

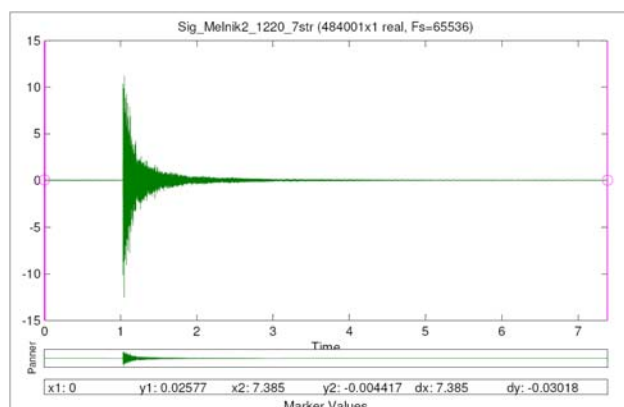


Фиг. 5. Сигнал “mel2.mat” показани 5, 6 и 7 удар,
(Signal_Melnik2_1220_61cm_5_6_7str)

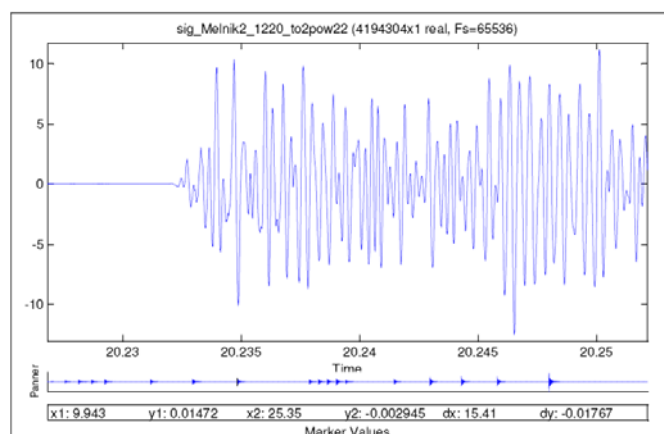
Запис на звуковия сигнал за ударите на камбана Melnik2 от позицията на микрофона, укрепен на стойката на камбаната (дистанция от 0,61 метра) е показан на фиг. 4.

На фиг. 5 са показани 5, 6 и 7 удар и на фиг. 6 е отделен само седмия удар.

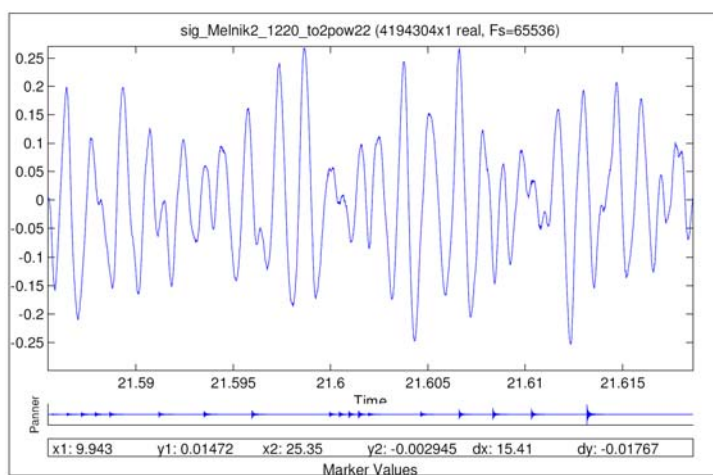
Отделни фрагменти от развитието на седмия удар във времето са показани съответно на фигурите 7 и 8.



Фиг. 6. Отрязан от сигнал “mel2.mat” седми удар, с 484001 отчета (Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_484001)



Фиг. 7. Сигнал “sig_Melnik2_1220_61cm_7str” показано началото на 7-мия удар, (Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_20p2s_start)



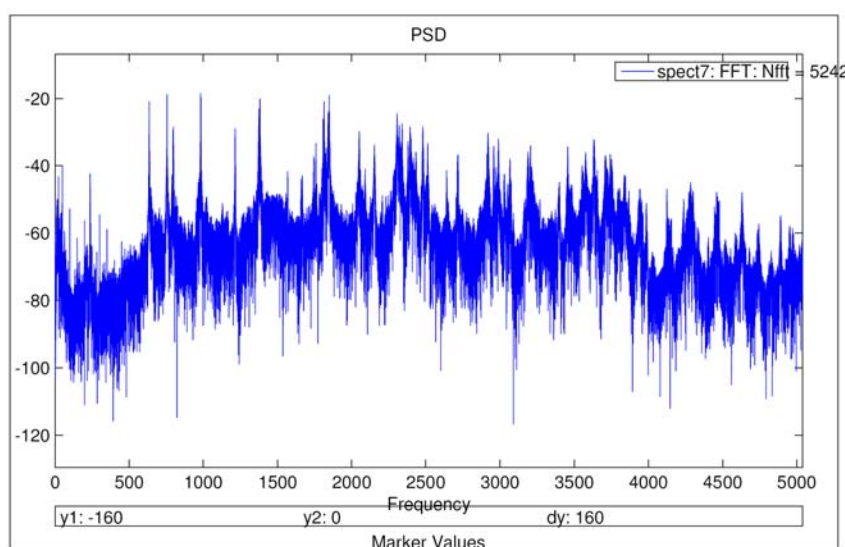
Фиг. 8. Сигнал “sig_Melnik2_1220_61cm_7str” показана част от края на 7-мия удар, (Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_21p6s_)

II. Обработка и анализ на акустичните сигнали

С помощта на MatLab, [10], бе анализирана спектралната плътност на мощността (PSD) на сигнала представен на фиг. 6 (седми удар - 484001 отчета). Бяха проведени две оценки на PSD:

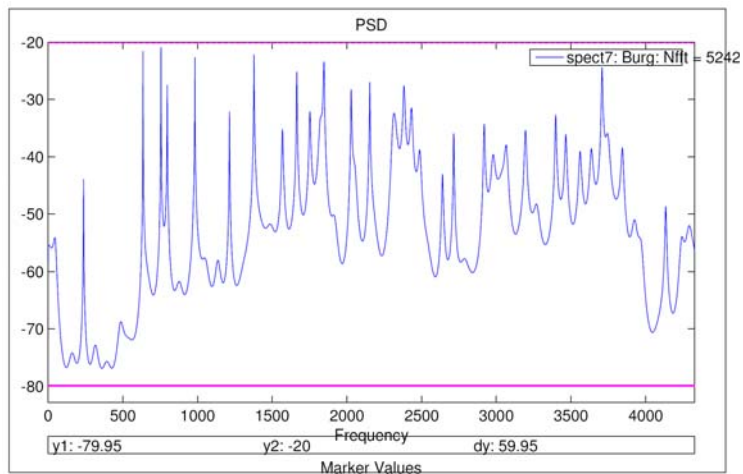
- Първо, непараметричен метод чрез БПФ или FFT, [5], [10],
- Второ, параметричен метод на Burg (Бърг), или метод с хармонична средна, [5].

На фиг. 9 е показана получената оценка на PSD за сигнала от фиг. 6, като са показани честотите до 5000 Hz и размер на FFT 2^{19} .

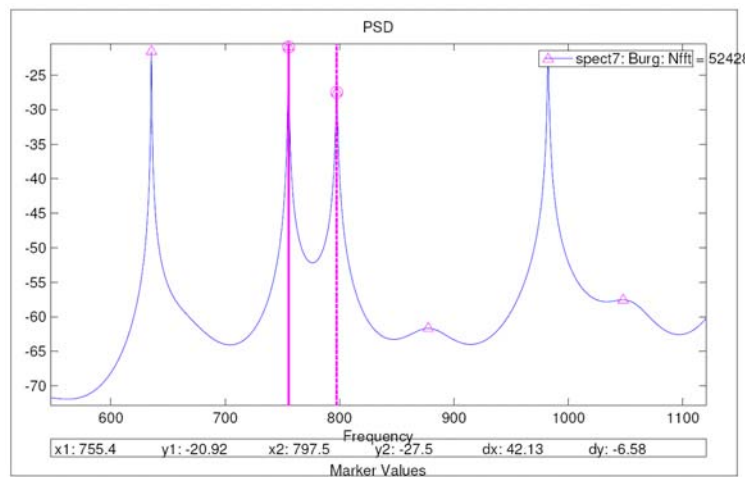


Фиг. 9. PSD чрез FFT за сигнала от фиг. 6 честотите са до 5000 Hz, по вертикалната ос е PSD в децибели. (Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_FFT2pow19_to5kHz)

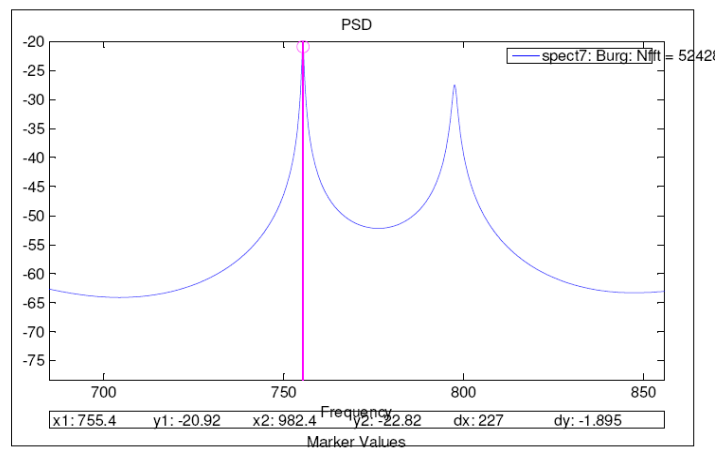
На фиг. 10 е илюстрирана получената оценка на PSD по метода на Burg за сигнала от фиг. 6. Показани са честотите до 4000 Hz, като при размерът на FFT е 2^{19} и порядъкът на авторегресионния модел е $p = 2^{10}$. По вертикалната ос е спектралната плътност на мощността в dB. В увеличен мащаб по хоризонталната ос са представени на фигурите от 11 до 15 PSD за честоти 600 ... 1100Hz, 700 ... 850Hz, 900 ... 1050Hz, 1350 ... 1500Hz, 1700 ... 1900Hz съответно.



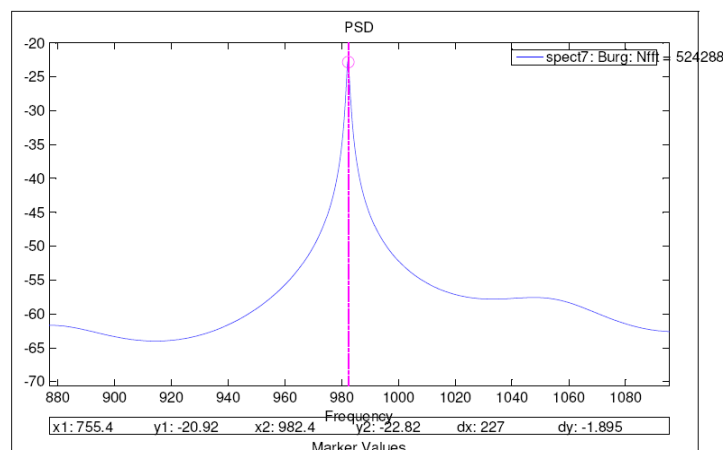
Фиг. 10. PSD по Burg за сигнала от фиг. 6. По вертикалната ос е PSD в децибели. Честотите по хоризонталната ос до 4000 Hz.
(Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_Burg_p1024_FFT2pow19_to4kHz)



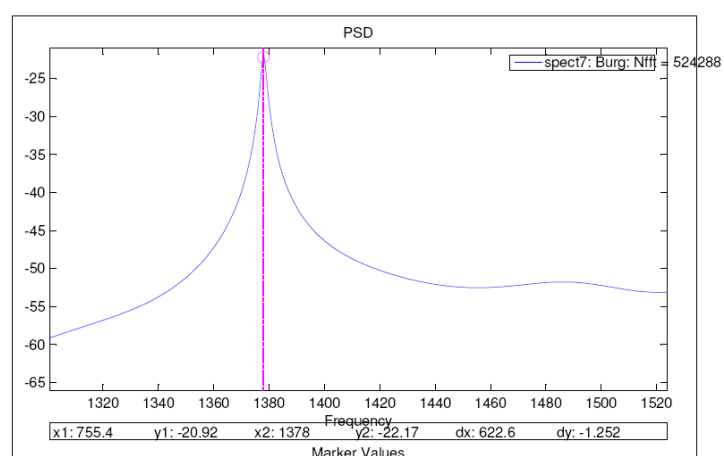
Фиг. 11 PSD. по Burg за сигнала от фиг. 6. По вертикалната ос е PSD в децибели. Честотите по хоризонталната ос от 600 до 1100 Hz.(755.4; 797.5)
(Signal_Melnik2_1270_61cm_7str_Burg_p1024_FFT2pow19_ab1kHz_)



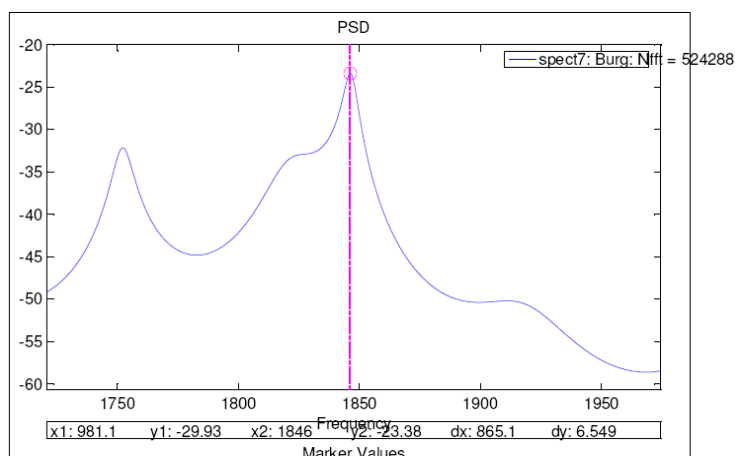
Фиг. 12 PSD. по Burg за сигнала от фиг. 6, 700 ... 850Hz (755.4)
(Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_Burg_p1024_FFT2pow19_ab1kHz_755Hz)



Фиг. 13. PSD по Burg за сигнала от фиг. 6, 900 ... 1050Hz (982.4)
(Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_Burg_p1024_FFT2pow19_ab1kHz_982Hz)

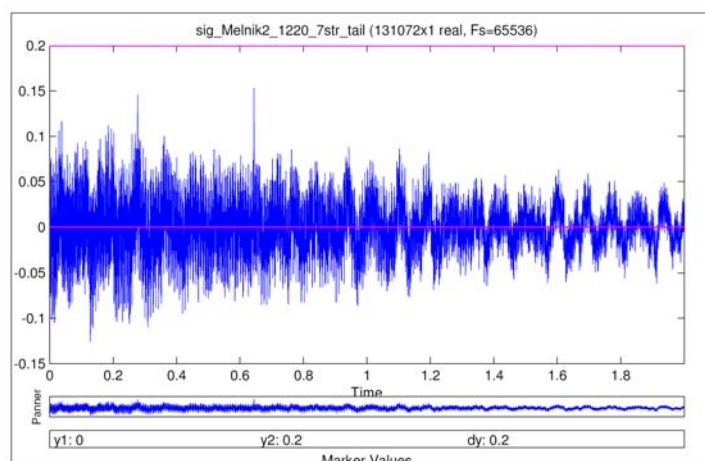


Фиг. 14. PSD по Burg за сигнала от фиг. 6, 1350 ... 1500Hz (1378)
(Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_Burg_p1024_FFT2pow19_ab1kHz_1378Hz)



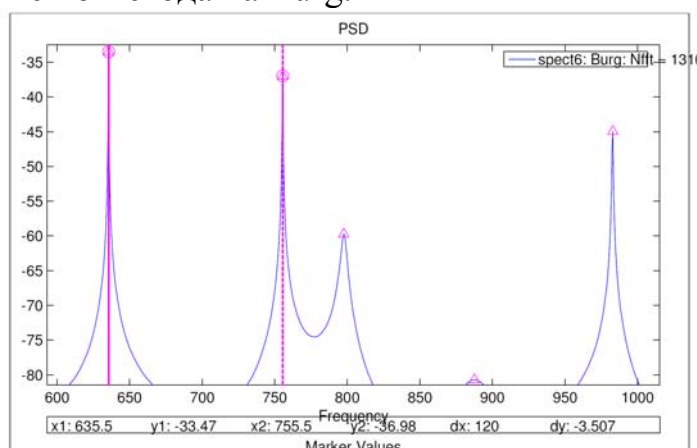
Фиг. 15. PSD по Burg за сигнала от фигура 6, 1700 ... 1900Hz (1846)
(Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_Burg_p1024_FFT2pow19_ab1kHz_1846Hz)

Отделен участък от развитието на затихването (опашката) на седмия удар във времето е показан на фиг. 16, т.е. взети са от сигнала седми удар 2^{17} отчета.



Фиг. 16. Сигнал “sig_Melnik2_1220_61cm_7str” показан края на 7-мия удар, (Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_tail_all)

В увеличен мащаб по хоризонталната ос на диаграмата за PSD, фиг. 17, за този сигнал е показана областта 600...1000Hz – основните компоненти. Оценката на PSD е по метода на Burg.



Фиг. 17. Оценката на PSD е по метода на Burg за сигнала от фиг. 16, опашка на семи удар, (Signal_Melnik2_1220_61cm_7str_tail_Burg 1024_FFT2pow17_635_755Hz)

III. Обсъждане на получените резултати

В резултат на проведените оценки се оказва, че спектралната плътност на мощността на единичен удар за конкретната камбана (Melnik2 от 1220год.) съдържа следните основни спектрални компоненти: 755.4Hz; 797.5Hz; 982.4Hz; 1378Hz и 1846 Hz.

В опашката на удара се наблюдават 635.5Hz и 755.5 Hz.

Заклучение

Получените резултати са изключително интересни. Уникалната апаратура и съвременните методи за обработка на резултатите дават възможност да се получат параметри, които най-пълно и точно да характеризират тези най-стари запазени камбани в Европа. Същевременно приложените методи могат да бъдат използвани и за други цели- цивилни

и военни-например за анализ и разпознаване на звуци от изстрели с различно стрелково оръжие или за откриване на местоположението на снайперисти.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] G. Bogdanova, T. Trifonov, T. Todorov, Tsv. Georgieva, Methods for Investigation and Security of the Audio and Video Archive for Unique Bulgarian Bells, *Proc. of National Workshop on Coding Theory and Applications, Blagoevgrad*, 2006, page 5.
- [2] Камен Симеонов, Тихомир Трифонов, Иван Симеонов, Измерване и паспортизация на уникални български камбани, *VIII Национална научно-практическа конференция по метрология*, 2008.
- [3] Тихомир Трифонов, Цветанка Георгиева, Камбанният звън - акустично, математическо и технологично предизвикателство, *Национална научна конференция по Акустика*, Варна, България, 2008.
- [4] Тихомир Трифонов, Георги Димков, Галина Богданова, Проучване и паспортизация на уникални камбани от историческото и културно наследство на България и създаване на аудио и видео архив с помощта на съвременни технологии, *Шеста национална научна конференция "Библиотеки - четене - комуникации"*, 15-16.11.2007.
- [5] S.L. Marple, Jr, *Digital Spectral Analysis with Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ 1987.
- [6] Brüel&Kjær, www.bksv.com
- [7] Шариков В.Г., А.Беляков, А.Суворов, *Православный звон в Болгарии*, Москва, 2000
- [8] Галина Богданова, Тихомир Трифонов, Тодор Тодоров, Цветанка Георгиева, Анализирание и защита на аудио и видео архив на уникални български камбани, *Благоевград*, 2007, под печат.
- [9] Tihomir Trifonov, Tsvetanka Georgieva, Web based approach to managing audio and video archive for unique Bulgarian bells, *In Proceedings of the Tenth International Conference on System Analysis and Information Technologies*, Kyiv, Ukraine, 2008, page 325
- [10] Mathworks, www.mathworks.com

Доц. д-р Тихомир Стефанов Трифонов - НВУ "В. Левски", тел.0887 618 555

e-mail: TihomirTrifonov@ieee.org

Доц. д-р Иван Симеонов Иванов - НВУ "В. Левски", тел.062 618886

e-mail: ivan_simeon@is.nvu.bg