

	АКУСТИКА Национална конференция “Акустика’2008”	Варна 24- 25.10.2008 г. София 05 - 06.12.2008 г.
Година X	□ Брой 10	Декември 2008 г.

АКУСТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ИСТОРИЧЕСКИ ЦЕННИ БЪЛГАРСКИ КАМБАНИ

Г. Димков, Ал. Алексиев, И. Симеонов, Т. Трифонов, К. Симеонов

1. Увод

Съхраняването на уникалния звън и параметрите на исторически ценни за нашата култура църковни камбани е не само вътрешно мотивирано задължение, но и научно предизвикателство. Измерването на звук и вибрация в условията на реални обекти — камбанарии на църкви и музейни помещения е сложна задача.

Счита се, че камбаните възникват през бронзовия век. Използвани са от много народи: египтяни, етруски, евреи, гърци, римляни, и не на последно място- китайци.

Най-вероятно прародината на камбаните е Китай. Най-древните камбани са намерени именно там- те са от 23 -11 в. преди н.е. Египтяните също са ги познавали и използвали, например на празниците на бога Озирис. В древния Рим камбанният звън е бил сигнал за поливане на улиците с вода през жегите.

Древните гърци също са имали камбани (например, при оракула в храма в Дидона). Най-ранното писмено споменаване за камбани е от Страбон и гръцкия историк Полибий (205-123 г. преди н.е.), а след това и от Йосиф Флавий.

Първото използване на камбана за християнско богослужение се приписва на св. Павлин, епископ Нолански (353-431 г. след Хр.).

Както е известно, в Националния исторически музей в София се съхраняват едни от най-старите запазени камбани в Европа, например тази, намерена в гр. Мелник и изработена през 1220 г. от византийски майстор.

В настоящия момент България преживява нов етап на своя културен и духовен подъем. За съжаление през последните десетилетия бяха загубени стотици камбани, традициите за тяхната направа, самият уникален камбанен звън, свързан с радост и скръб, с война и мир, с национални и религиозни празници и церемонии, с живота, културата и съдбата като цяло на много поколения българи. Целта на проекта **«BELL: 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»** е да се направи изследване и паспортизация на няколко десетки най-ценни камбани, намиращи се в църковните храмове и манастири и да се създаде аудиоархив, като за това бъдат използвани най-съвременните технологии за анализ, съхранение и защита на аудиоинформацията [1,2,3]. За това е необходимо:

- Да се документират основните характеристики на камбаните: тип, геометрични размери, декоративно и художествено оформление, тегло, материал, състояние, особености в звученето, данни за производителя и собственика, оценка на историческата ценност;

- Да се направят цифрови фотографии на камбаните и видеоклипове по време на тяхното биене;
- Да се анализира и запише честотният спектър на камбаните в момент на удара;
- Да се анализира и запише честотният спектър на камбаните при установен основен тон и др.;
- На базата на тези и други данни, да се подготви образец на паспорт за всяка от изследваните камбани. Този паспорт би могъл да се използва за документиране в бъдеще на всички съществуващи камбани у нас.

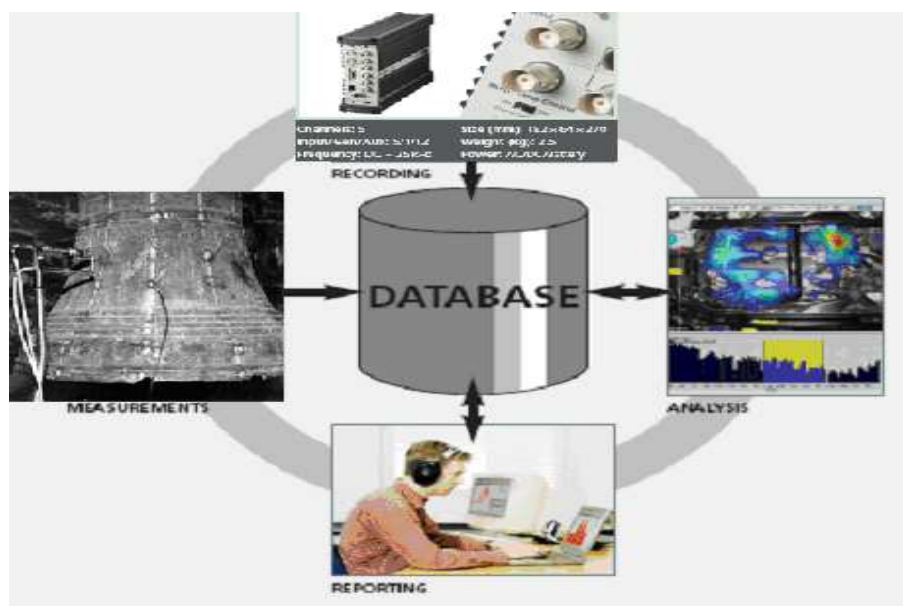
За осъществяване на вибро-акустичните измервания и тяхната обработка, е важно да се:

- определи мястото и количеството на точките за измерване съобразно създаваното от камбаните звуково поле;
- определят границите на измерваните параметри;
- изберат основни и спомагателни технически средства, необходими за реализиране на измерванията;
- изберат средства за пост-обработка и съхраняване на данни.

2.Измервателна постановка и проведени измервания

Реализирана е измервателната постановка, показана на Фиг.1 [5].

1. първичен преобразувател— измервателен микрофон 4193 Brüel&Kjær с предусилвател, интегриран чип за опознаване по технология TEDS и индивидуални калибровъчни криви;
2. вибродатчик TRV-01 SPM Instrument;
3. анализатор 3560B Brüel & Kjær 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;
4. 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;
5. Софтуерен пакет MatLab на MathWorks с модули за FFT и Wavelet анализ.



Фиг.1. Обща схема на измерванията и архивирането на данните

На Фиг.2 е показан конкретен обект на акустично измерване - класическа камбана от края на XIX век, открадната от неизвестна църква във В. Търновския регион, предадена за скрап и спасена от претопяване. Показан е също вида на измервателната апаратура. Измерванията се проеждат в близко и далечно акустично поле. На Фиг.3 е показана схемата на камбаната с нейните габаритни размери.



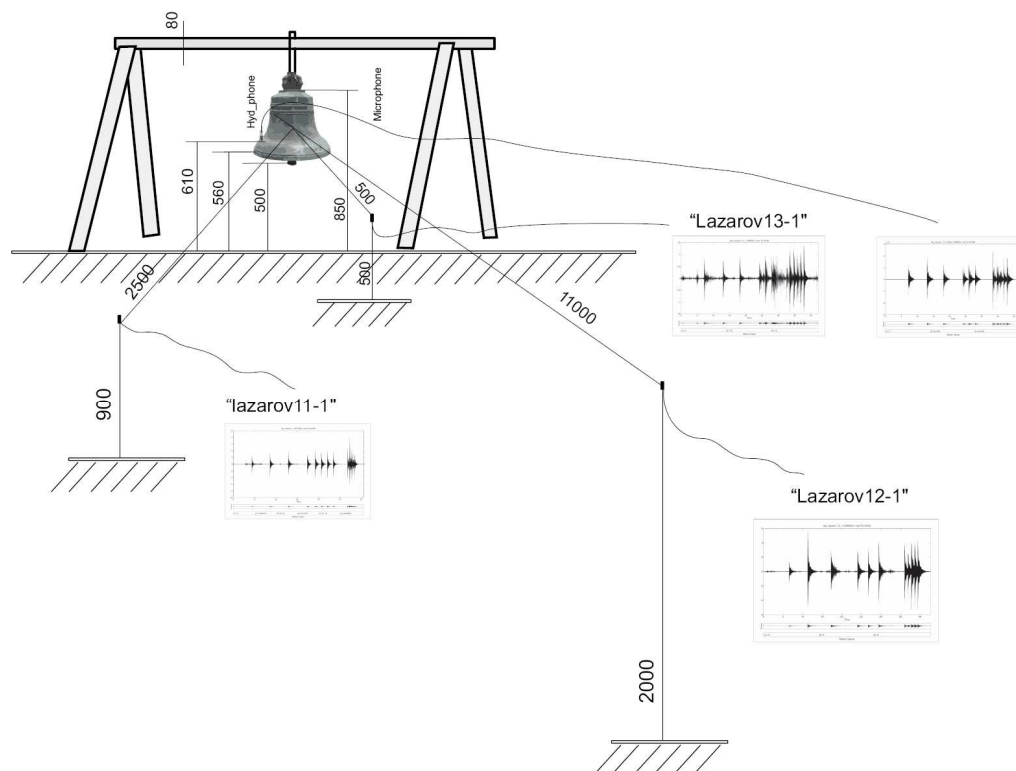
Фиг. 2. Акустични измервания на камбаните на църквата «Св.Николай», В.Търново.

На Фиг.4 е представена схема на геометричното разположение на измервателния микрофон 4193 Brüel&Kjær и хидрофон B&K 8100,[6] и камбаната. Бяха произведени няколко удара. Запис на звуковия сигнал за ударите на камбана от позициите на микрофона показани на фиг.5 (дистанция 2,5 метра), фиг.6 (дистанция 11 метра), и фиг.7 (дистанция 0,5 метра).

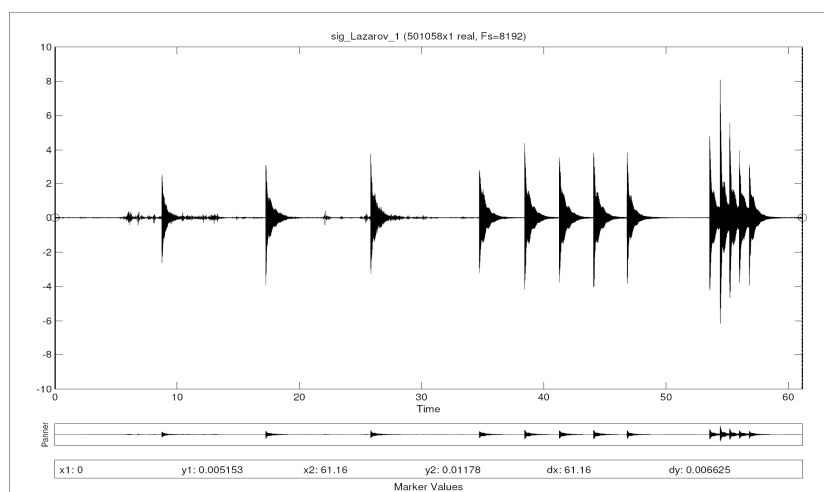
На фигура 5 съвместно са показани записите на сигналите регистрирани паралелно от микрофон и хидрофон. Използването на хидрофон се обуславя от факта, че на ниски честоти той работи като микрофон, и поради ниската му чувствителност възприема високи акустични налягания без изкривявания. В случая хидрофонът е прилипен върху камбаната и работи като вибродатчик.



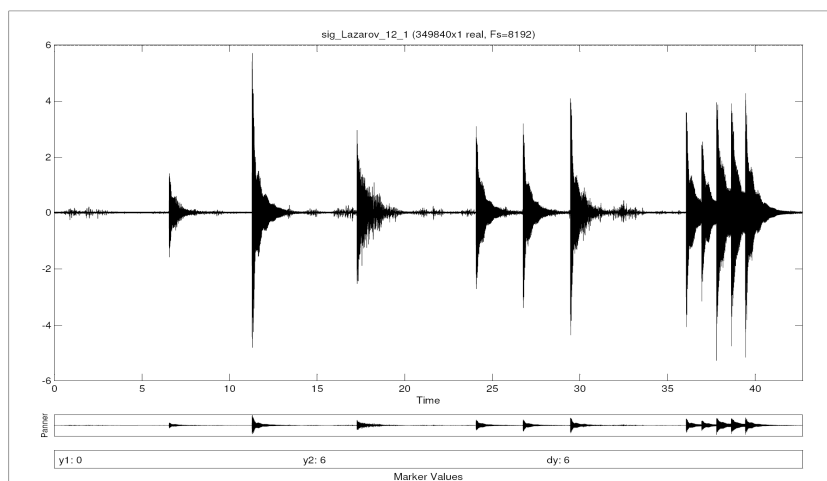
Фиг. 3. Схема на камбаната



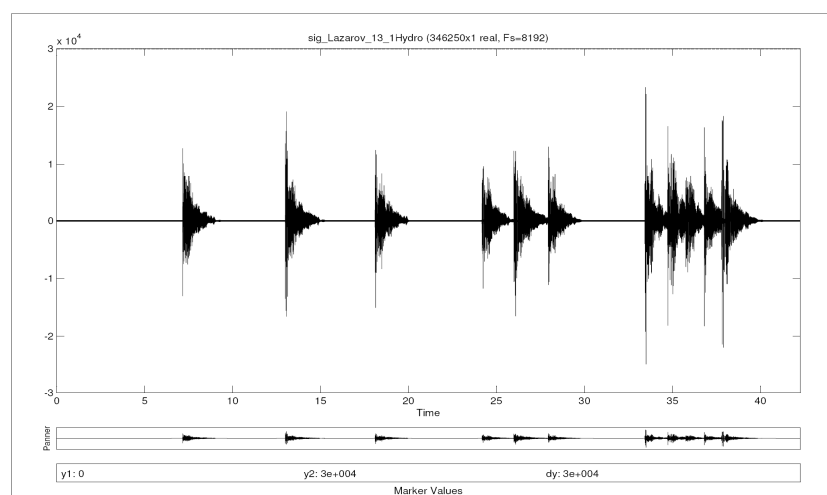
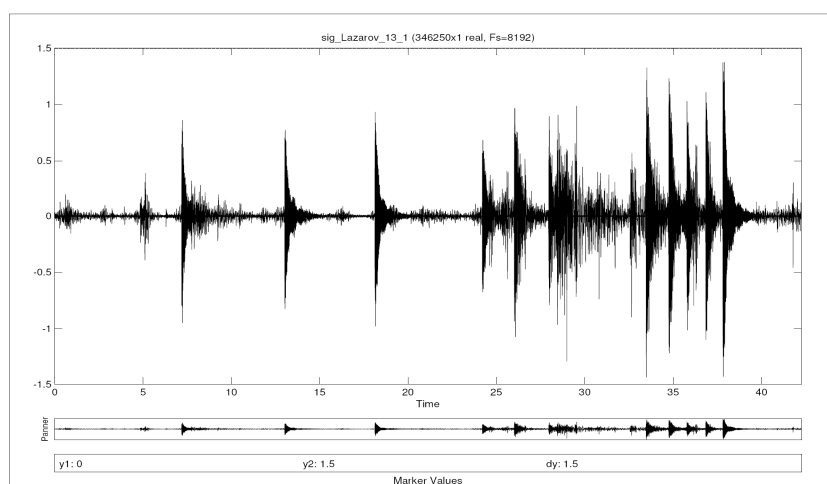
Фиг. 4. Схема на разположението на камбаната и измервателния микрофон



Фиг. 5. Сигнал "lazarov11-1.mat", 501058 отчета, честота на дискретизация $F_s = 8192$, микрофон 4193 е на дистанция от 2,5метра и 0,9 метра над земята. Максимално ниво на звуково налягане 6175.32 Pa, кориг. коефициент 0.188456.



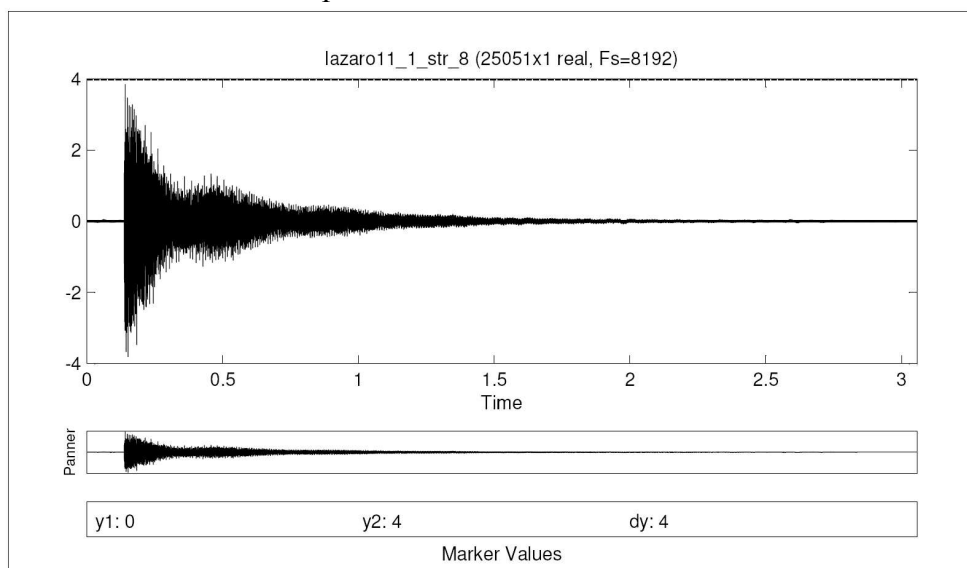
Фиг. 6. Сигнал “Lazarov12-1.mat”, 349840 отчета, честота на дискретизация $F_s = 8192$, микрофон 4193 е на дистанция от 11метра и 2 метра над земята Максимално ниво на звуково налягане 6175.32 Pa, кориг. коефициент 0.188456.



Фиг. 7. Сигнали “Lazarov13-1.mat, Channel1и Channel2, 346250 отчета, честота на дискретизация $F_s = 8192$, Chan1 е микрофон 4193 е на дистанция от 0,5метра и 0,5 метра над земята, максимално ниво на звуково налягане 6175.32 Pa, кориг. коефициент 0.188456, Chan2 е хидрофон B&K 8100 дистанция от 0 метра, максимално ниво на звуково налягане 36,27 Pa, кориг. коефициент 36.27.

3. Обработка на получен акустичен сигнал

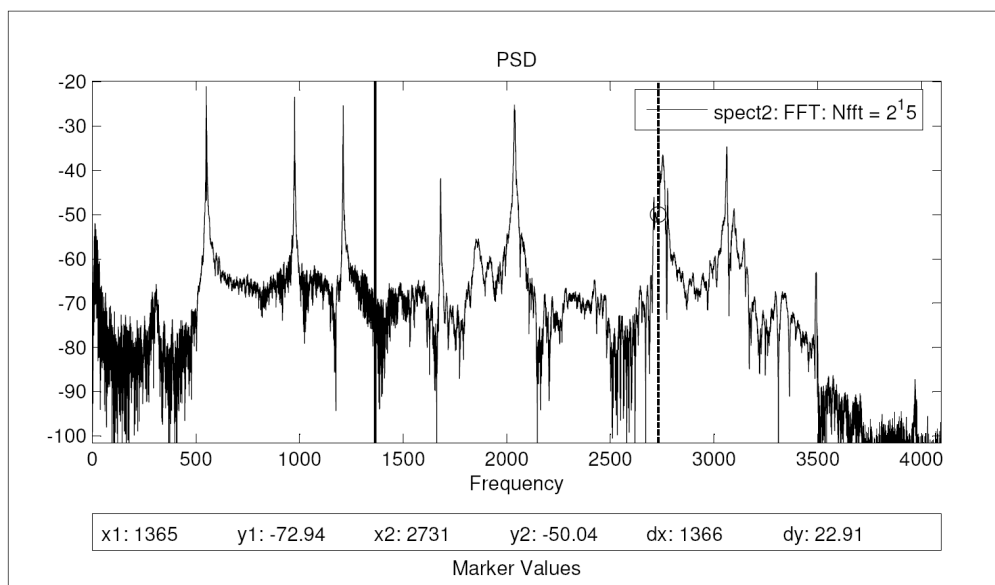
На фигура 22 е показан отделен удар от сигнала lazarov11_1(от 2,5m), или lazarov_11_1_str8, честота на дискретизация 8192 Hz, 25051 отчета.



Фиг. 8. Сигнал lazarov11_1_str_8, отрязан от “lazarov11_1.mat”.

С помощта на MatLab, е анализирана спектралната плътност на мощността (PSD) на сигнала представен на фигура 8, с 25051 отчета. Получена е оценка на PSD чрез алгоритъм БПФ или FFT(непараметричен метод), [4].

На фигура 9 е показана получена оценка на PSD за сигнала от фигура 8 като са показани честотите до 4000 Hz и размер на FFT 2^{15} .



Фиг. 9. PSD чрез FFT за сигнала от фигура 8 — честотите до 4000 Hz, по вертикалната ос е PSD в децибели.

В резултат на проведените оценки се оказва, че спектралната плътност на мощността на взет единичен удар за конкретната камбана (“Lazarov”) съдържа следните основни спектрални компоненти: 550.5Hz; 976.75 Hz; 1211 Hz и 2037 Hz..

4. Определяне профила и дебелината на камбаната

В таблица 1 са показани резултатите от измерването на дебелината на материала на камбаната. Дебелината е измерена с ултразвуков дефектоскоп Echograf 1004 на фирмата Karl Deutsch, Германия и осезател S12W2 на същата фирма. На базата на тези резултати бе построен оценка на профила показана на фигура 10. Посредством измерения профил с помощта на специализиран софтуерен продукт ще бъдат изчислени възможните моди на трептене на камбаната. Някои от възможните моди на трептени са показани на фигура 11. Бе измерено и затихването на ултразвуковите вълни в материала на честота 2 MHz, което съставлява 21.8 dB/mm.

юли 2008 год.

Камбана(29 kg.), с. Пчелище, Лазаров

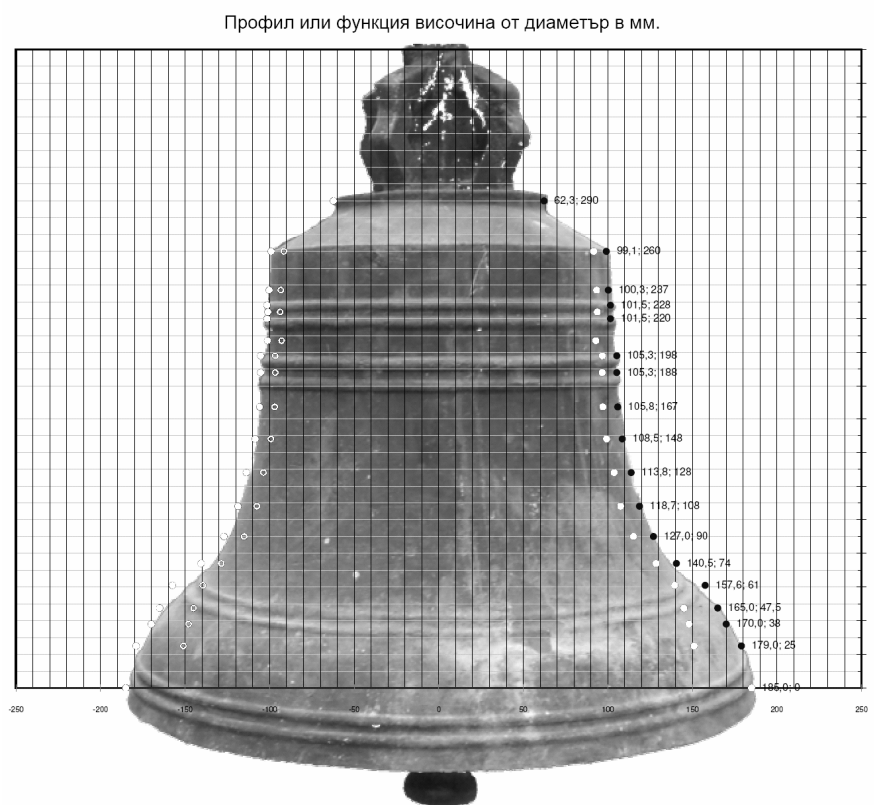
Таблица 1

позиция (кота)	р	пи	външ. диаметър	височина	радиус	височина	-радиус	танг. дебелина*	вътр. радиус	-вътр. радиус
49				382		382				
34,5			124,60	290	62,3	290	-62,3			
34				284		284		8,96		
32				275		275		8,32		
30								8		
29,5			198,20	260	99,1	260	-99,1	7,5	91,6	-91,6
29		3,14	0,00					7,04		
28		3,14	0,00							
27	630	3,14	200,54	237	100,3	237	-100,3	6,88	93,4	-93,4
26,3	638	3,14	203,08	228	101,5	228	-101,5			
26	635	3,14	202,13		101,1	224	-101,1	7,3	93,8	-93,8
25,3	638	3,14	203,08	220	101,5	220	-101,5			
25	636	3,14	202,45		101,2	207	-101,2	8,3	92,9	-92,9
24		3,14	0,00					8,48		
23	661,5	3,14	210,56	198	105,3	198	-105,3	8,5	96,8	-96,8
22,5	650	3,14	206,90		103,5		-103,5			
22	661,5	3,14	210,56	188	105,3	188	-105,3	8,6	96,7	-96,7
21		3,14	0,00							
20	665	3,14	211,68	167	105,8	167	-105,8	8,8		
19		3,14	0,00							
18	682	3,14	217,09	148	108,5	148	-108,5	9,28		
17		3,14	0,00							
16	715	3,14	227,59	128	113,8	128	-113,8	10,08		
15		3,14	0,00					10,4		
14	746	3,14	237,46	108	118,7	108	-118,7	11,2		
13		3,14	0,00							
12	798	3,14	254,01	90	127,0	90	-127,0	11,84		
11		3,14	0,00							
10	883	3,14	281,07	74	140,5	74	-140,5		8,48	
9,5			+1.5						10,4	
9		3,14	0,00							
8,5			+1.5							
8	990	3,14	315,13	61	157,6	61	-157,6			
7		3,14	0,00							
6		3,14	0,00	47,5		47,5				
5		3,14	0,00	38		38				
4		3,14	0,00							
3,5			+1.4	25		25				
3	1140	3,14	362,87		181,4		-181,4			
2,5			+1.4							
2	1150	3,14	366,06		183,0		-183,0			
1	1162,39	3,14	370,00	0	185,0	0	-185,0			

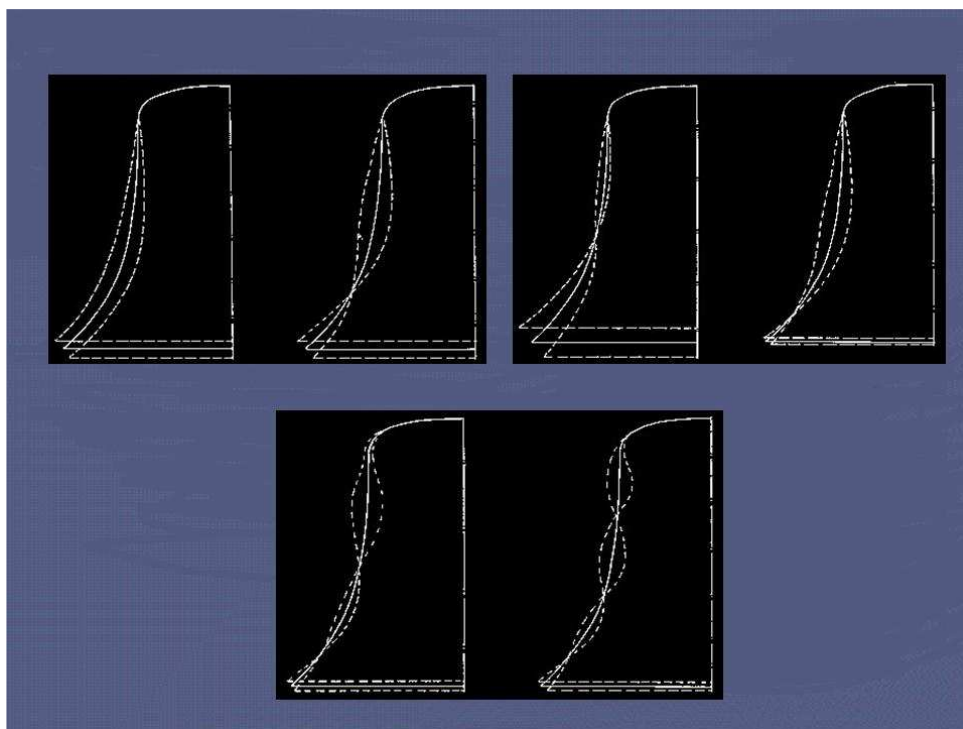
Бележка:

Всички размери са в mm.

* Echograph 1004, Karl Deutsche, sensor - S12 W2, Alpha = 21.8dB/mm, F = 2MHz



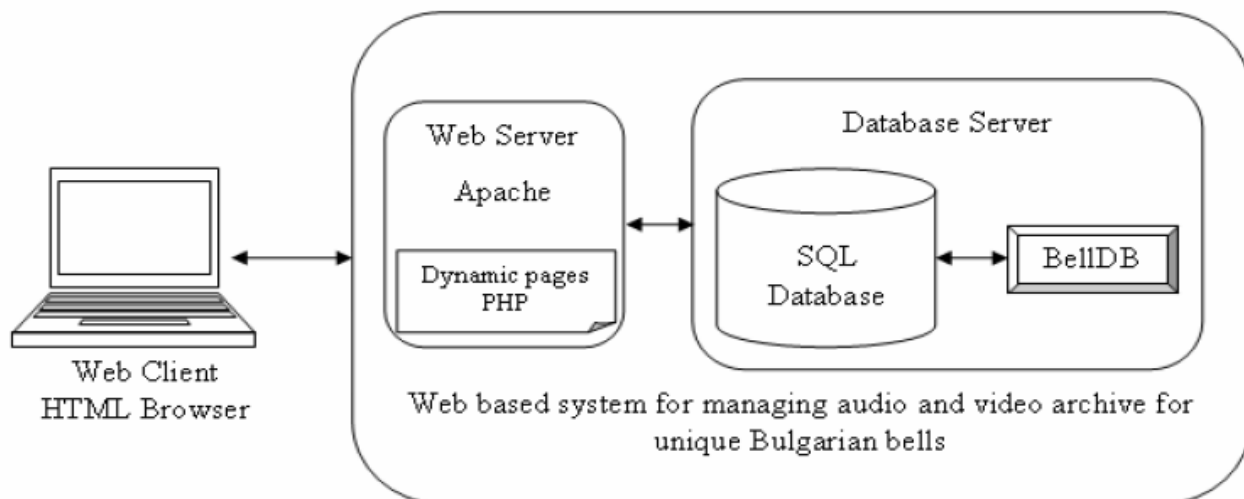
Фиг. 10. Оценка на профила на камбаната.



Фиг. 11. Възможни моди на трептене на камбана

4.База данни

Разработена е клиент/сървър система, която осигурява на потребителите възможност за извличане на информация за различни характеристики на камбаните според техните специфични интереси. Архитектурата на WEB базираната система основана на трислойния информационен модел е показана на фигура12 [5].



Фиг.12. Архитектура на системата

Форма за търсене на разработения сайт е показана на Фиг.13. Както се вижда, то може да става по области, населени места, по мястото, където се намира камбаната- църква, манастир, музей, крепост и др. Въвеждането на данните също става в специална форма. Особено важно е, че могат да се прибавят и цифрови фотографии, както и звукови и видео файлове, характеризиращи съответната камбана.

BELL 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

[English version](#)
Начало

За проекта

- Проект
- Колокол
- Cloche
- Участници

Камбани

- Въвеждане
- Преглеждане
- Търсене

Дейности

- Публикации
- Семинари

Въведете информация за търсене:

Област:

Населено място:

Намира се в:

Наименование:

Камбана:

Тип на камбана:

Височина на камбана: m

Диаметър на камбана: m

Тегло на камбана: kg

Материал на камбана:

Състояние на камбана:

Създател:

Създадена през година:

Описание:

Фиг.13. Форма за търсене

5. Заключение

Създаването, оптимизирането и защитата на аудио и видео архив на ценни български камбани е важна и трудна задача. Особено значима е ролята на първичните измервания на виброакустичните параметри на камбаните. За своето време всяка камбана, освен, че е била произведение на изкуството, е представлявала и високотехнологичен обект. Някои от тайните на старите майстори още не са разкрити. В този смисъл, авторите се надяват, че тяхната работа ще бъде принос за европейската ценностна система и културно пространство. В тази връзка са създадени контакти и се очаква съвместна дейност по проекта с Института за изследване на културното наследство на Европа в Тулуза, Франция, Украинската академия на науките и Московския камбанен център [6,7,8]. Авторите считат, че проектът е особено полезен за Велико Търново и прилежащите му общини, които, както е известно са съхранили изключителни паметници на културата и историята от най-древни времена.

В заключение може да се каже, че беше потвърдена адекватността на избора на методиката и постановката на измерванията за изпълнението на поставената цел. Следващата стъпка е дефиниране на видовете, количеството и точността на параметрите, необходими за вибро-акустичния паспорт на всяка конкретна камбана.

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, 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.
4. S.L. Marple, Jr, Digital Spectral Analysis with Applications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ 1987.
5. Brüel&Kjær, www.bksv.com
6. Шариков В.Г., А.Беляков, А.Суворов, Православный звон в Болгарии, Москва, 2000
7. Галина Богданова, Тихомир Трифонов, Тодор Тодоров, Цветанка Георгиева, Анализиране и защита на аудио и видео архив на уникални български камбани, Благоевград, 2007, под печат.
8. 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