

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Първа научно-приложна конференция с международно участие
„СТОМАНОБЕТОННИ И ЗИДАНИ КОНСТРУКЦИИ – ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА“

22 – 23 октомври 2015

22 – 23 October 2015

First Scientific-Applied Conference with International Participation
“REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES – THEORY AND PRACTICE”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

48 ^{ТОМ}
vol.

2015

св.
fasc. 12 – III

МОНИТОРИНГ НА ПОВЕДЕНИЕТО НА ФУНДИРАНЕТО ПРИ НАДСТРОЯВАНЕТО НА ХОТЕЛ „РАДИСЪН“, ГР. СОФИЯ

Н. Милев¹, Д. Филатова², Й. Милев³, А. Тотева⁴,
Г. Георгиев⁵, П. Дюлгеро̀в⁶

Ключови думи: мониторинг, усилване, възстановяване, финансиране

Научна област: възстановяване и усилване на съществуващи конструкции

РЕЗЮМЕ

Разработена е система за мониторинг на поведението на финансирането на двуетажна стоманобетонна рамкова конструкция, надстроена със седем етажа. Съществуващата конструкция е изпълнена през 60-те години на миналия век и не е осигурявана за сеизмични въздействия. За да бъдат поети завишените усилия от вертикални товари и сеизмични въздействия, е предвидено усилване на стоманобетонната конструкция и нейното финансиране. Оригинално то е осъществено с единични фундаменти, като е предвидено те да бъдат обединени в обща фундаментна плоча. Приложена е система за дългосрочен мониторинг на напреженията и сляганията, която да оцени ефективността от обединяването и влиянието на надстройката върху поведението на финансирането.

¹ Николай Милев, инж. докторант, кат. „Геотехника“, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: n.milev@yoda-bg.com

² Диана Филатова, инж., „Йода“ ООД, София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

³ Йордан Милев, проф. д-р инж., кат. „Масивни конструкции“, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, e-mail: j.milev@yoda-bg.com

⁴ Анета Тотева, инж., „Йода“ ООД, София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

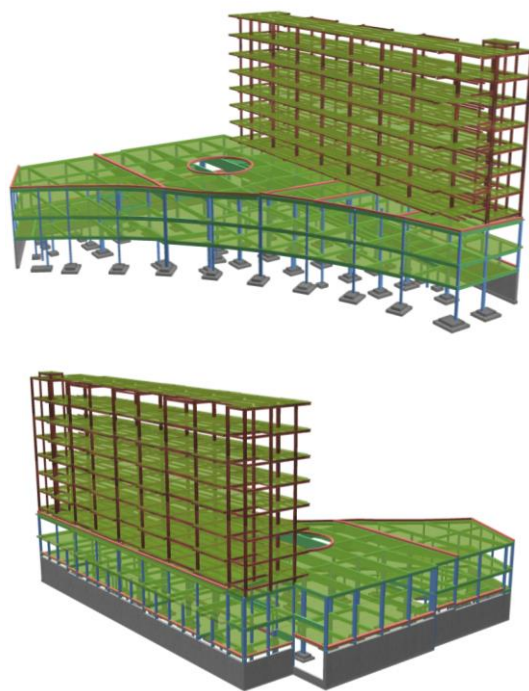
⁵ Георги Георгиев, инж., „Йода“ ООД, София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

⁶ Павел Дюлгеро̀в, инж., „Йода“ ООД, София, ул. „Купените“ 10, e-mail: office@yoda-bg.com

1. Въведение

Статията представя действителен проект, който е в процес на изпълнение. Разгледана е съществуваща сграда (хотел, построен през 60-те години на миналия век), разположена в гр. София. Конструкцията представлява двуетажна стоманобетонна рамка, проектирана единствено за поемане на вертикални товари.

Сградата е планирано да бъде надстроена със седеметажна метална конструкция, която има вертикални връзки и вискозни демпфери в двете главни направления. Съществуващата стоманобетонна конструкция е усилена чрез вертикални метални връзки, внедрени в рамките, така че тя да е в състояние да поема хоризонтално натоварване от земетръс. Използвани са и стоманобетонни кожуси за съществуващите колони, поемащи единствено вертикални товари. Съществуващите единични фундаменти на сградата са обединени в обща фундаментна стоманобетонна плоча и са подложени на мониторинг. Представената статия е фокусирана върху концепцията за мониторинг. Изглед на съществуващата сграда е представен на фиг. 1.

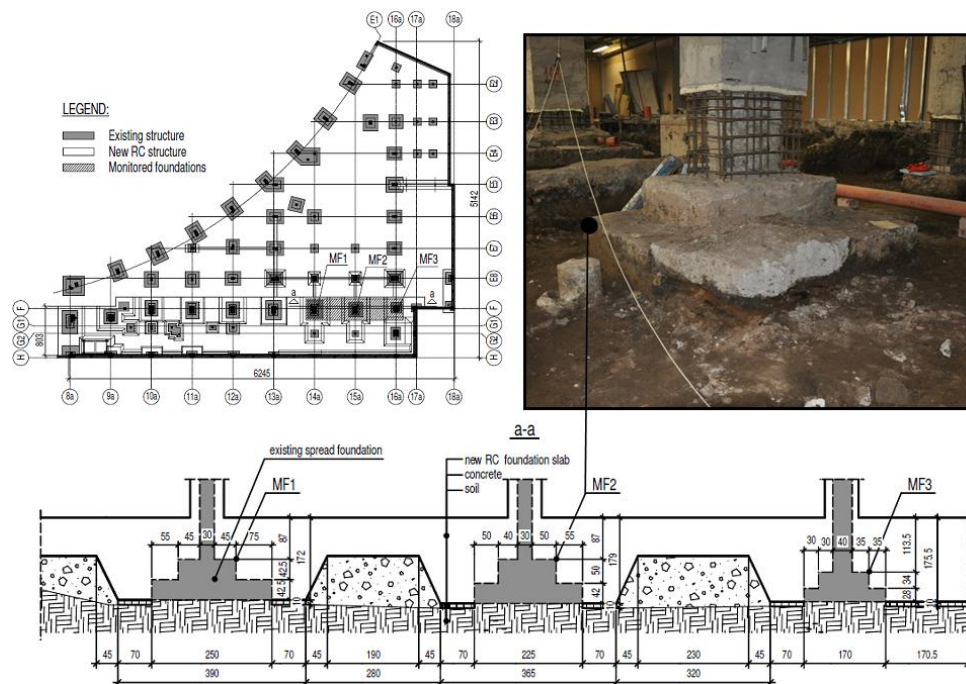


Фиг. 1. Модел, представящ съществуващата стоманобетонна конструкция и стоманената надстройка

2. Усилване на съществуващата конструкция

За целите на сеизмичната устойчивост на конструкцията, усиляването на двуетажната част на хотела е извършено чрез внедряване на вертикални стоманени връзки в стоманобетонните рамки, които са проектирани единствено за поемане на вертикални товари. Тъй като съществуващата сграда е разположена в непосредствена близост

до други части на хотела и поради някои функционални изисквания, възможните местоположения за внедряване на вертикални стоманени връзки бяха ограничени. Главните колони са усилены чрез стоманобетонни кожуси (използван е самоуплътняващ се бетон), за да поемат допълнителното вертикално натоварване. Съществуващите единични фундаменти са обединени чрез обща стоманобетонна фундаментна плоча, която е подложена на мониторинг (фиг. 2).



Фиг. 2. Котражен план на фундаментната конструкция и разрез, показващ избраните за подлагане на мониторинг единични фундаменти

3. Мониторинг на фундаментната конструкция

Основната цел на системата за мониторинг е да се сравни действителното поведение на фундаментната конструкция по време и след изграждането на надстройката с това от анализа чрез метода на крайните елементи. Важно е да се провери: 1) дали преразпределението на напреженията в основната плоскост между съществуващите единични фундаменти и новата фундаментна плоча е според очакванията; 2) генерирани ли са прекомерни слягания. За да бъде това възможно, са разработени две независими системи за измерване на контактните напрежения под основната плоскост на фундаментната конструкция и сляганията на почвата в дълбочина. Датчиците за измерване на напреженията са предоставени от специализирана фирма за оборудване за мониторинг, докато устройствата за измерване на сляганията са нетрадиционни и специално разработени за проекта.

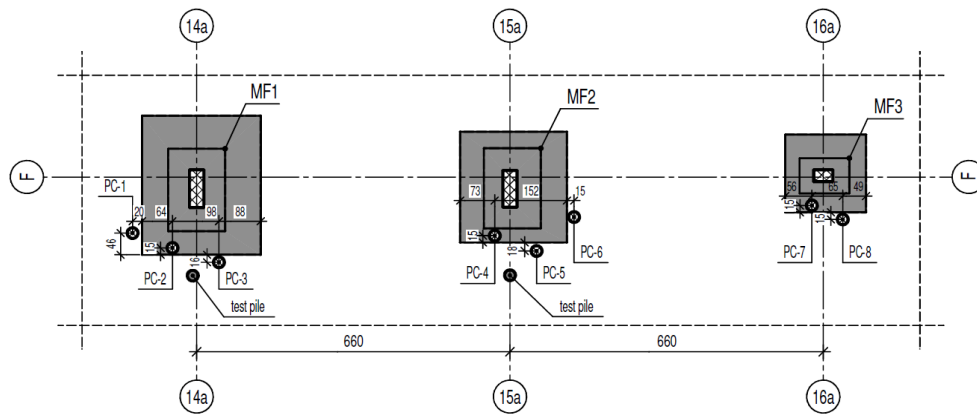
Три от съществуващите единични фундаменти, обединени от обща фундаментна плоча, са подложени на мониторинг. Контактното напрежение в основната плоскост на фундаментната конструкция се измерва в осем точки, докато сляганията се измер-

ват в дванадесет. Местоположението на точките, които са подложени на мониторинг, са разположени по такъв начин, че да могат да кореспондират помежду си и зависимостта напрежения–деформации да може да бъде дефинирана.

4. Измерване на контактните напрежения чрез pressure cell датчици

Контактните напрежения се измерват чрез pressure cell датчици, които са калибрани от фирмата доставчик. Обхватът им на измерване на натискови напрежения е до 1 МРа, което е шест пъти повече от максималните изчислени напрежения в основната плоскост.

Три устройства са инсталирани под всеки от единичните фундаменти, подложени на мониторинг, като други пет са разположени до тях, но се намират в зоната под обединяващата фундаментна плоча (фиг. 3).



Фиг. 3. Разположение в план на pressure cell (PC) датчиците



Фиг. 4. Обгаряне на основната плоскост на съществуващите фундаменти и инсталиране на pressure cell датчик под фундамент MF1

Интерпретацията на резултатите е направена съгласно [3] и [4], а следваната процедура за инсталирането им е както следва:

- 1) Оформени са ниши непосредствено под основните плоскости на всички съществуващи фундаменти, подложени на мониторинг. Те са с размери,

малко по-големи от тези на възглавницата на pressure cell датчиците и са общо три на брой.

- 2) Разкритите части на основните плоскости са обгорени, а след това останалата по тях почва е изстъргана с метална четка (фиг. 4).
- 3) Насипан и уплътнен е пласт от кварцов пясък (с дебелина около 2 cm) в оформените ниши и в близост до тях – останалите пет точки, подложени на мониторинг. Основната функция на този пласт е да бъдат предотвратени прекомерни локални слягания под възглавниците на pressure cell датчиците при увеличаването на гравитационните товари вследствие на надграждането (фиг. 4).
- 4) Направено е калибриране на датчиците на място, като са взети нулеви отчети, взимайки предвид барометрична корекция (фиг. 5).



Фиг. 5. Вземане на нулеви отчети и обединяване на сигнала от всички датчици в общ терминал

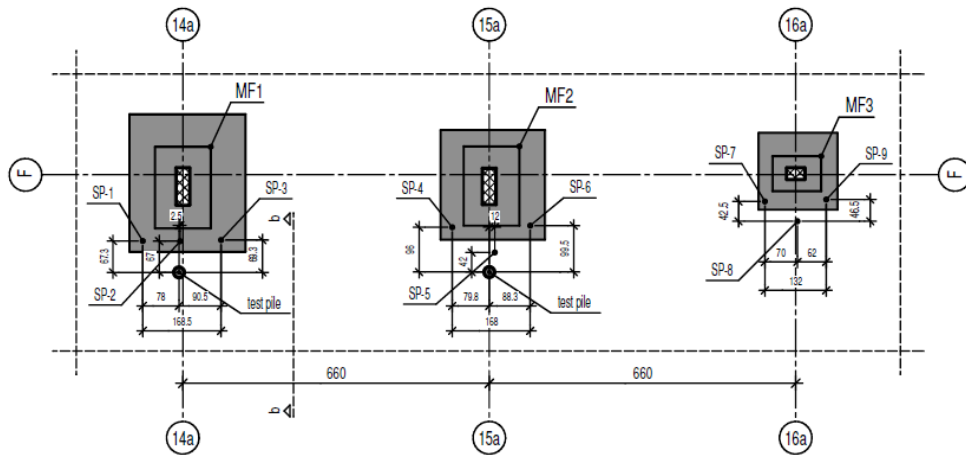
- 5) Луфтът между възглавниците на pressure cell датчиците и основната плоскост на съществуващите фундаменти е запълнен със специален разтвор с компенсирано съсъхване (разширение от 3 – 5%), за да се осигурят надеждни резултати от правилното функциониране на датчиците (фиг. 4). Останалите пет датчика са покрити със същия разтвор, за да се избегне изолирането им при изпълнението на обединяващата фундаментна плоча.
- 6) Всички датчици са свързани в обединяващ терминал (фиг. 5), който позволява отчетите да бъдат вземани ръчно чрез специално устройство за „прочитане“ на сигнала. Първият отчет е взет след затихване на деформациите в разтвора с компенсирано съсъхване, а измереният сигнал следва да бъде трансформиран от честота в напрежение съгласно процедура, предоставена от фирмата производител.

5. Измерване на сляганията в дълбочина чрез специално разработени датчици

Системата за измерване на сляганията позволява да бъдат дефинирани преместванията в редица точки в дълбочина под основната плоскост на фундамента и се състои от две части – фиксирана и свободна от гледна точка на глобалното слягане на сградата. Фиксираната част се състои от три метални стойки, анкерирани за два

тестови пилота, които са в достатъчна близост до частта от фундаментната конструкция, подложена на мониторинг. Слягането на тестовите пилоти е възприето за пренебрежимо. Свободната част е самата сграда, както и девет метални пръта, които са „завинтени“ в почвата.

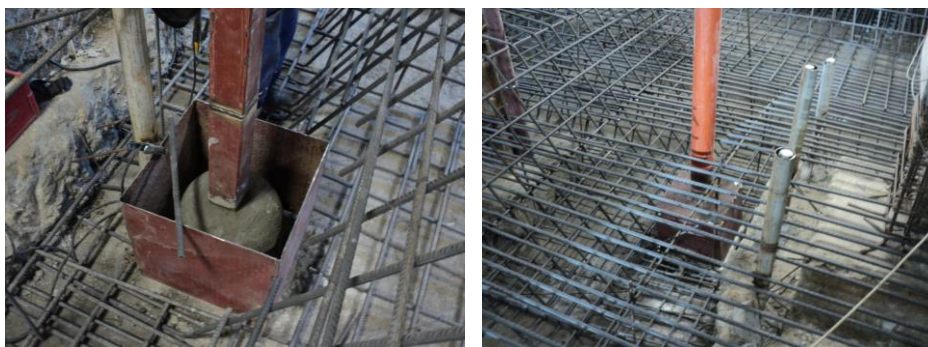
Измерва се слягането на четири точки с предварително избрана варираща дълбочина за всеки единичен фундамент, подложен на мониторинг – една в основната плоскост и три други в обсега на активната зона под фундаментите (фиг. 6).



Фиг. 6. Разположение в план на устройствата (SP), измерващи сляганята в дълбочина под основната плоскост на фундаментната конструкция

Подготовката за изграждане на системата е както следва:

- 1) Метални профили с кухо квадратно сечение са обвити в PVC тръби и анкерирани за тестовите пилоти (фиг. 7) с цел да бъде изолирана фиксираната част на глобалната система от новоизградената фундаментна плоча. Изолираните профили минават вертикално през обединяващата фундаментна плоча, а за горния край на всеки от тях е закачена по една метална стойка.



Фиг. 7. Анкерирание на стоманените профили за тестовите пилоти и обвиването в PVC тръби

- 2) Всеки фунамент, подложен на мониторинг, е пробит чрез диамантена боркорона в две или три точки (общо седем) – фиг. 8.



Фиг. 8. Пробиване на фундамент MF1 чрез диамантена боркорона, набиване на щанги и изваждането им чрез хидравлична система

- 3) Във всяка точка, в която са предвидени измервания на сляганията, на всеки фундамент, подложен на мониторинг, са набити с чук по три стоманени щанги на различна дълбочина (фиг. 8). Общо седем от щангите са разположени в пробитите съществуващи фундаменти, а други три – до тях, като след това са извадени чрез хидравлична система (фиг. 8) и заменени от PVC тръби със същия диаметър (фиг. 9). Тръбите минават вертикално през обединяващата новоизградена фундаментна плоча (фиг. 9). Почвата под конструкцията е свързана, което позволява PVC тръбите да достигнат дълбочината на металните пръти.



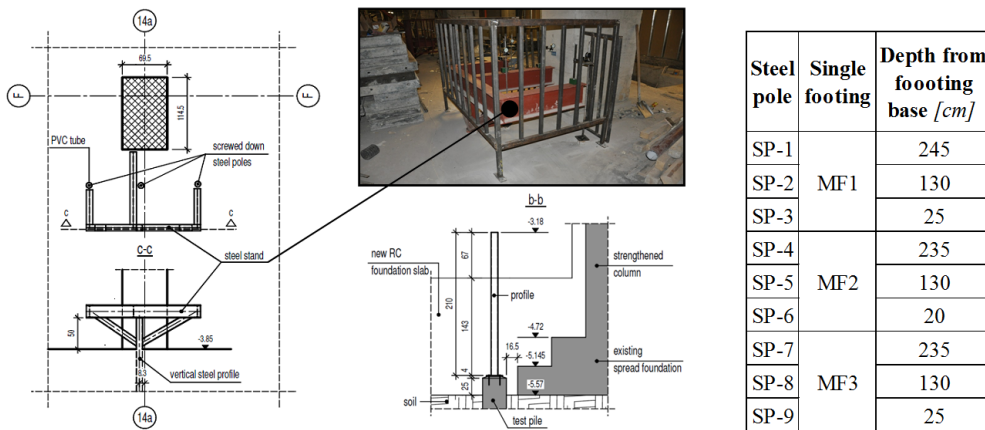
Фиг. 9. PVC тръби, минаващи вертикално и осигуряващи свободното движение на металните пръти – преди и след изпълнението на обединяваща фундаментна плоча

- 4) По три метални пръта с шнеков накрайник (фиг. 10) са вкарани в PVC тръбите при всеки съществуващ единичен фундамент, подложен на мониторинг, и са завинтени (анкерирани) 5 cm под достигнатата дълбочина на долния край на PVC тръбите (фиг. 10). Обвивката, осигурена от PVC тръбите позволява свободното движение на металните пръти.
- 5) Както може да бъде видно на снимката във фиг. 11, върху металните стойки са позиционирани по три индикаторни часовника за измерване на вертикални деформации (фиг. 12). Индикаторните часовници следват преместването на металните пръти, а по този начин и сляганията в дълбочина под

основната плоскост на фундаментната конструкция. По един допълнителен индикаторен часовник за всеки единичен фундамент, подложен на мониторинг, е разположен върху металните стойки и следват преместването на колоните над фундаментите, като по този начин е прието, че се измерва слягането на основната им плоскост.



Фиг. 10. Шнекови накрайници на металните пръти и завинтването им на предварително избрана дълбочина под основната плоскост на фундаментната конструкция



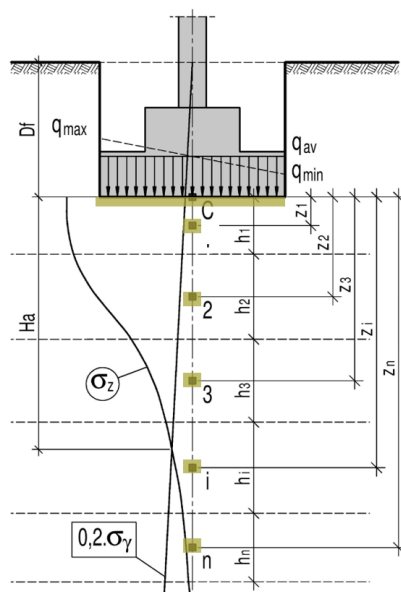
Фиг. 11. Концепция за измерване на сляганията и дълбочина на проследяваните точки



Фиг. 12. Метални стойки (фиксиращи относно глобалното слягане на сградата) и индикаторни часовници, измерващи сляганията

6. Връзка напрежения–деформации

Тъй като проектът е в процес на изпълнение, резултатите от системата мониторинг предстои да бъдат анализирани. Връзката напрежения–деформации в основната плоскост (вж. [1]) на фундаментната конструкция, както и сляганията в дълбочина ще бъдат използвани за определяне на следното: 1) мощността на активната зона; 2) напреженията в основната плоскост; 3) разпределението на вертикалното напрежение в почвата; 4) сляганията в дълбочина; 5) реалния коефициент на леглото (вж. [2]).



Фиг. 13. Връзка напрежения–деформации
(в зелен звят – параметри, получени от мониторинга)

7. Заключение

Сложността на представения проект и недостатъчно ясното поведение на съществуващите единични фундаменти в условия на сеизмично въздействие доведе до решението те да бъдат обединени от обща фундаментна плоча. Освен всичко друго, обединяващата фундаментна плоча предава по-надеждно натоварването върху земната основа и предпазва конструкцията от неочаквани неравномерни слягания. За да се провери очакваното поведение на фундаментната конструкция, заложено в конструктивния проект, е инсталирана система за мониторинг както на напреженията, така и на сляганията. Очаква се зависимостта напрежения–деформации да даде ценна информация, от която да се направят изводи относно поведението на фундаментите.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Балушев, Б., Г. Стефанов и др.* Земна механика. Техника. София, 1975.
2. *Божинев, Б. и др.* Изчисляване на конструкции върху еластична основа. Техника, София, 1982.
3. *Dunnicliff, J.* Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance. A Wiley-Interscience Publication, New York, 1993.
4. *Lazebnik, G., G. Tsinker.* Monitoring of Soil-Structure Interaction: Instruments for Measuring Soil Pressures. Chapman & Hall, Ontario, Canada, 1998.

MONITORING OF THE BEHAVIOR OF THE FOUNDATIONS OF THE RADISSON HOTEL IN SOFIA DURING AND AFTER ITS EXTENSION

N. Milev¹, D. Filatova², Y. Milev³, A. Toteva⁴, G. Georgiev⁵, P. Dyulgerov⁶

Keywords: monitoring, strengthening, retrofitting, foundation

Research area: retrofitting and strengthening of existing structures

ABSTRACT

A monitoring system for capturing the foundation behavior of a two-storey frame structure which is extended by a seven-storey steel structure is developed. The existing structure is built in the 1960s and is not designed to resist seismic loads. In order to bear the increased vertical loads and seismic effects, a strengthening of the structure and its foundation is executed. The original spread footings are combined into a new RC foundation slab. A long-term monitoring system capable of measuring the contact stress and in-depth settlements is applied in order to evaluate the effectiveness of the combining and the influence of the steel-structure extension on the behavior of the foundation.

¹ Nikolay Milev, Eng., PhD student, Dept. "Geotechnics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: n.milev@yoda-bg.com

² Diana Filatova, Eng., "Yoda" Ltd, 10 Kупenite St., Sofia, e-mail: office@yoda-bg.com

³ Jordan Milev, Prof. Dr. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: j.milev@yoda-bg.com

⁴ Aneta Toteva, Eng., "Yoda" Ltd, 10 Kупenite St., Sofia, e-mail: office@yoda-bg.com

⁵ Georgi Georgiev, Eng., "Yoda" Ltd, 10 Kупenite St., Sofia, e-mail: office@yoda-bg.com

⁶ Pavel Dyulgerov, Eng., "Yoda" Ltd, 10 Kупenite St., Sofia, e-mail: office@yoda-bg.com