

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 <sup>ТОМ</sup>  
vol.

2015

св. 12 – III  
fasc.

## ИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА МЕХАНИЧНИ ВЕЛИЧИНИ ПРИ ИЗПИТВАНЕ НА СТРОИТЕЛНИ КОНСТРУКЦИИ И ОБРАБОТКА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

В. Славчев<sup>1</sup>, Ив. Иванчев<sup>2</sup>

*Ключови думи:* измерване, изпитване, измервателна система, механични величини, огъване, строителни конструкции

*Научна област:* изпитване на строителни конструкции

### РЕЗЮМЕ

В настоящата статия авторите представят възможностите за измерване на налягане, деформации, относителни деформации, температура, усукващ момент, сила и тегло. За целта са използвани различни измервателни преобразуватели (тензорезистори, индуктивни датчици, датчици за налягане, терморезистори и др.). Те са включени в различни измервателни системи на уредите UPM100, Spider8 и др., които са синхронизирани и изграждат единна информационна измервателна система. Програмното обезпечаване в реално време на получаването и обработката на резултатите се осъществява с продукта Catman Professional 5.0 на фирмата HBM.

Надеждната работа на изградения измервателен комплекс е проверена и доказана при лабораторни изпитвания на стоманобетонни елементи, подложени на огъване. Тази система е мобилна и може да бъдат направени измервания в местата, където се намират обектите.

<sup>1</sup> Веселин Славчев, доц. д-р инж., кат. „Строителни конструкции”, Строителен факултет, ВСУ „Любен Каравелов”, гр. София, ул. “Суходолска” 175, e-mail: slavchev@vsu.bg

<sup>2</sup> Иван Иванчев, инж. докторант, кат. „Строителни конструкции”, Строителен факултет, ВСУ „Любен Каравелов”, гр. София, ул. “Суходолска” 175, e-mail: iivanchev@mail.bg

## 1. Въведение

Според Международната електротехническа комисия (МЕК) информационно-измервателна система е специфично средство за измерване, което представлява в общия случай съвкупност от измервателни преобразуватели, мерки, измервателни уреди, измервателни комутатори, свързочни линии, цифрови и аналогови изчислителни устройства, обединени от общ алгоритъм за функциониране и предназначени за автоматизирано получаване на данни за състоянието на обекта с помощта на измервателни преобразуватели за множество изменящи се във времето и разпределени в пространството величини, характеризиращи това състояние. В тези системи се извършва машинна обработка на състоянието от измерването, индикация и регистрация на резултатите от измерването, машинната обработка, преобразуване на тези данни в изходни сигнали на системата [1].

На фиг. 1 е показана обобщена структурна схема на информационно-измервателна система. Основните блокове са:

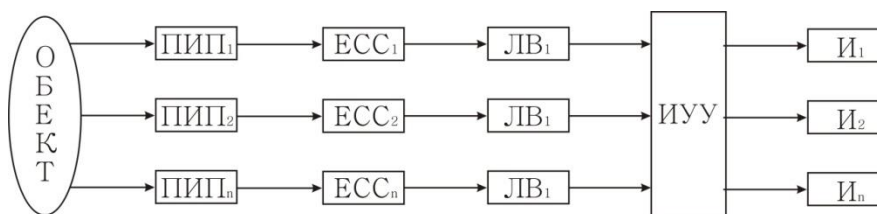
- Първични измервателни преобразуватели (сензори, датчици) – ПИП<sub>1</sub>, ..., ПИП<sub>i</sub>, ..., ПИП<sub>n</sub>. Те са първото звено при възприемане на информацията от обекта на измерването. Те преобразуват физични или химични величини в удобни за използване други изходни величини, които имат определена функционална връзка с входните величини. Най-често се предпочитат изходната величина да е електрическа. Така се постига лесно предаване на големи разстояния, въвеждането на резултатите в системи за автоматичен контрол, лесно записване, лесно представяне в аналогов или цифров вид, възможност за математическа обработка.

- Електрически (измервателни) свързващи схеми ИСС<sub>1</sub>, ИСС<sub>2</sub>, ..., ИСС<sub>n</sub>. Те са предназначени за изработване на електрически сигнал, пропорционален на измерваната величина, във вид, удобен за предаване към устройствата от следващия блок. Най-предпочитаните са мостовите схеми за постоянен или променлив ток. Те се характеризират с голяма точност при измерване в равновесен режим. В този режим показанието е независимо от калибрирането и неопределеността на отчитания уред.

- Линия за връзка (ЛВ<sub>1</sub>, ..., ЛВ<sub>i</sub>, ..., ЛВ<sub>n</sub>). Този блок осъществява връзката между измервателната схема и устройството за обработка на резултатите (програма, компютър).

- Изчислително и управляващо устройство (ИУУ). В този блок са включени изчислителни, сравняващи и запомнящи устройства за обработка на резултатите от измерванията, както и устройства, изработващи управляващи сигнали според зададен алгоритъм.

- Индикатори (И<sub>1</sub>, ..., И<sub>i</sub>, ..., И<sub>n</sub>). Тук са включени различни видове регистриращи устройства и индикатори, които са предназначени за извеждане и регистрация на информацията.



Фиг. 1. Структурна схема на информационно-измервателна система

## 2. Експериментална информационна система за измерване и обработка на резултатите при изпитване на строителни конструкции

Реализираната експериментална информационна система има възможност за синхронизирано измерване на налягане, деформации, относителни деформации, температура, усукващ момент, сила и тегло.

Експерименталните изследвания са проведени в Научноизследователския строителен институт – НИСИ гр. София, но измервателният комплекс е мобилен и има възможност за работа при разпределени във времето и пространството измервания.

При измерванията са използвани следните първични измервателни преобразуватели:

- Деформопреобразуватели (тензодатчици) за определяне на деформации и относителни деформации – тип BQ120-40AA(11)-BX на фирмата Zemic, Китай с база 60 mm, външни размери 80 mm, съпротивление  $120\Omega \pm 0,1\%$ , тензофактор  $2,22 \pm 0,1\%$ , термокомпенсация  $\alpha = 11 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$  и изводи с плоско сечение и тип LY3x-6/600 на фирмата Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (HBM) с база 150 mm, външни размери 180 mm, съпротивление  $600\Omega \pm 0,25\%$ , тензофактор  $2,14 \pm 0,5\%$ , термокомпенсация  $\alpha = 95 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$  и изводи с плоско сечение – фиг. 2. Изборът на тензодатчици е в зависимост от вида на обекта (метална, стоманобетонна конструкция и др.), видът на използвания Уитстонов мост – четвърт, полу- или пълен мост, съпротивлението, дължината на базата, изводи и др.



Фиг. 2. Тензорезистори

- Индуктивни датчици за преместване с бази 20, 50 и 100 mm на фирмата HBM – фиг. 3.



Фиг. 3. Индуктивен датчик

- Датчици за налягане – тип PЗМА на HBM, 500 Bar, 2 mV/V – фиг. 4. Този датчик има вграден тензорезистор, който е разположен върху деформируемата мембрана. Вследствие на налягането мембраната променя формата си, тензорезисторът също променя своята форма и съпротивление. Промяната на съпротивлението се преобразува в изходен електрически сигнал, който съответства на приложеното върху сензора налягане.



Фиг. 4. Датчик за налягане

- Температурни датчици – стайната температура, при която се извършват измерванията се определя с електронен термометър, в който е вграден терморезистор тип Р100.

Изследванията са извършени със следната измервателна апаратура:

- Многоканален измервателен уред UPM100 на фирмата НВМ, който се състои от усилвател DK 100 и превключващо устройство UD100 – фиг. 5.



Фиг. 5. Измервателен уред UPM100

UPM100 е многоканален измервателен уред, който усилва електрическите сигнали, получени от различни измервателни преобразуватели, преобразува ги от аналогови в цифрови сигнали и визуализира стойностите на измерените физични величини. Първичните измервателни преобразуватели могат да бъдат тензодатчици, пиезодатчици, индуктивни и потенциометрични (резисторни). Конструктивно уредът се състои от:

- основен блок на UPM100;
- три типа сменяеми селекторни модула:
  - ✓ UMN3251 за включване на тензодатчици, мостови схеми и индуктивни преобразуватели;
  - ✓ UMN3252 за включване на резисторни и потенциометрични преобразуватели;
  - ✓ UMN3253 за включване на термодвойки и източници на напрежение и ток;
- клавиатура.

Едновременно могат да се използват по 10 броя сменяеми селекторни модула. Към всеки от тези модули могат да се включат по 10 броя датчици. Отчитането на резултатите от 100-те канала става последователно. Управлението на уреда е с вътрешен микрокомпютър. Възможно е включване и на външен компютър чрез интерфейс RS232 или IEEE 488-78.

- Spider8 на фирмата НВМ – фиг. 6.

Това е измервателен усилвател, който може да работи самостоятелно или с други такива, свързани последователно в статичен и динамичен режим. Към него могат да се включат тензодатчици, индуктивни датчици, силомери и др. [4].

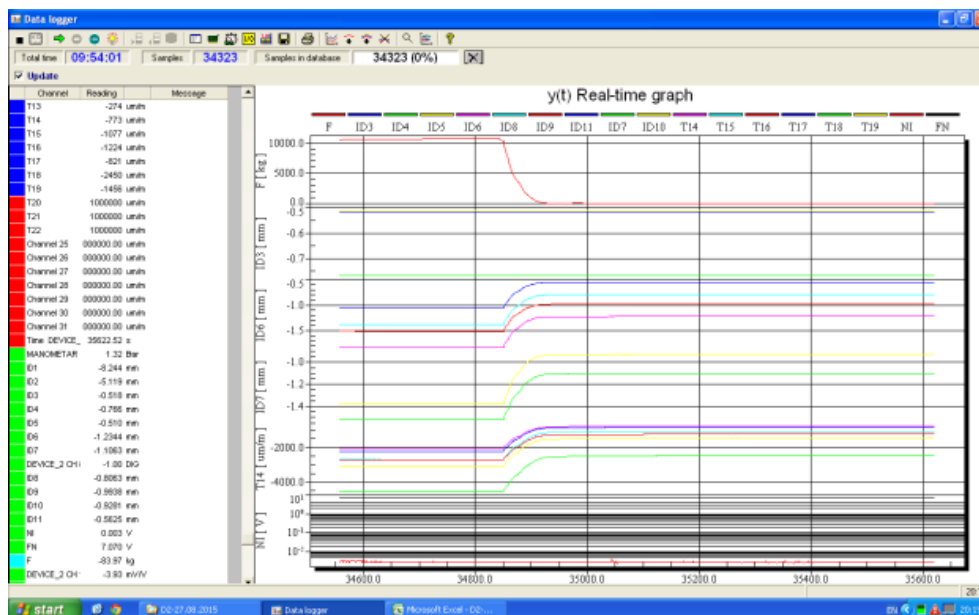


Фиг. 6. Измервателен уред SPIDER8

- Персонален компютър. Включваната към него техника изисква да е инсталиран Windows XP.

Програмното обезпечаване в реално време на получаването и обработката на резултатите от включените датчици към UPM100 и Spider8 се осъществява с продукта Catman Professional 5.0 на фирмата HBM.

Catman Professional 5.0 дава възможност за лесно конфигуриране на измервателната система, интуитивен интерфейс, удобно графическо представяне (фиг. 7), мощен математически и графически анализ, удобно оценяване и формиране на резултатите от измерванията, възможност за съхранение на резултатите в различни формати (Excel, ASCII и др.), възможност за автоматизиране на измерването и др. [3], [5].

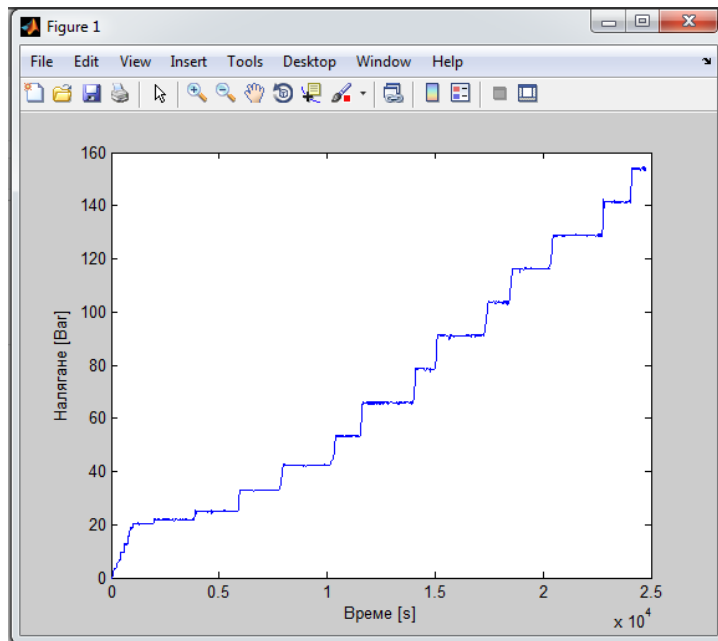


Фиг. 7. Представяне на данните от измерването с Catman Professional 5.0

### 3. Експериментални резултати при изпитване на строителни конструкции

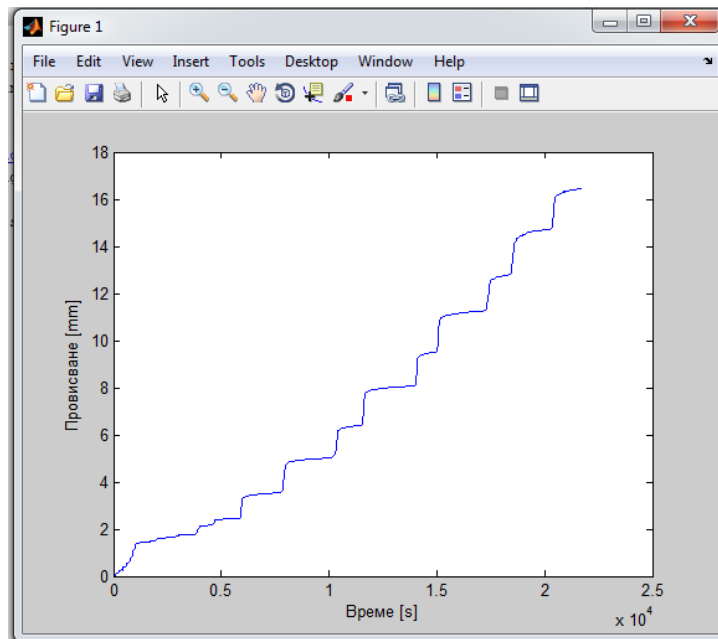
Получените резултати са обработени с програмния продукт Matlab [6]. Със създадената информационна измервателна система са изследвани:

- налягане (фиг. 8);



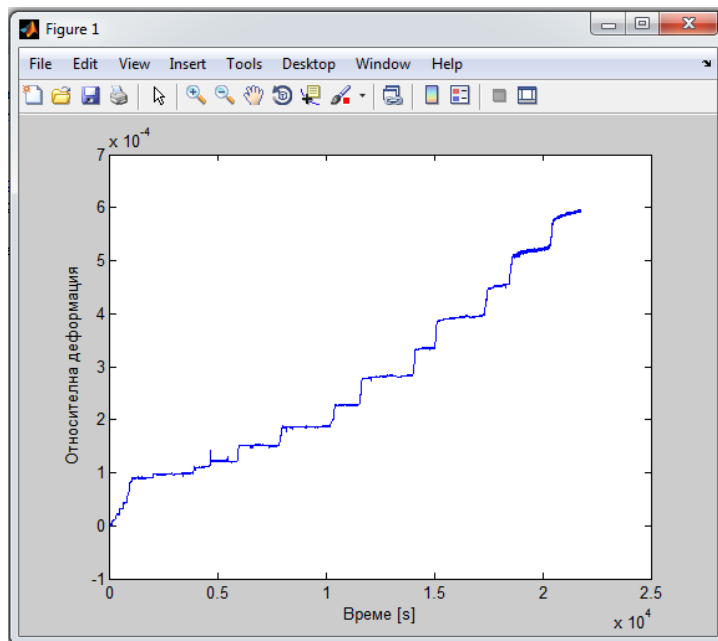
**Фиг. 8. Зависимост на налягането във функция от времето**

- деформации (фиг. 9);



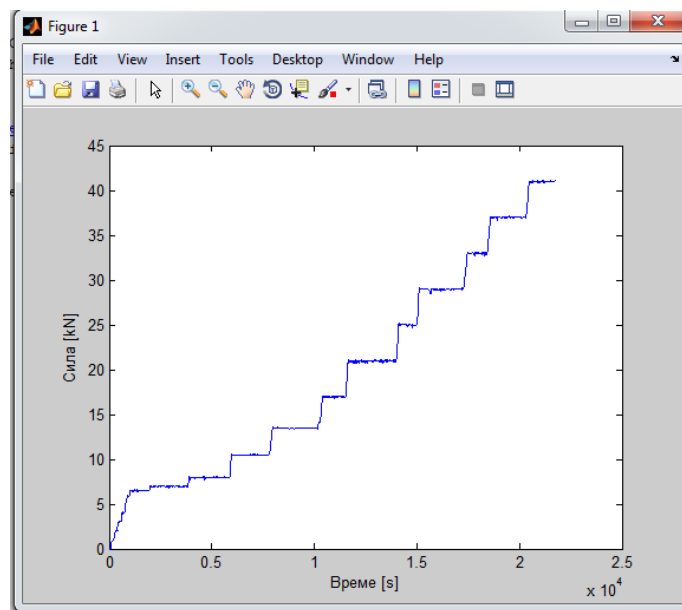
**Фиг. 9. Зависимост на деформациите във функция от времето**

- относителни деформации (фиг. 10);



**Фиг. 10. Зависимост на относителните деформации във функция от времето**

- сила (фиг. 11).



**Фиг. 11. Зависимост на силата във функция от времето**

Експерименталните изследвания на създадената информационно-измервателна система са извършени върху стоманобетонни елементи, подложени на огъване при статично натоварване (фиг. 12).



Фиг. 12. Експериментална постанова

#### 4. Заключение

Реализираният измервателен комплекс за измерване използва измервателни уреди с различни характеристики, които са синхронизирани и изграждат единна информационна измервателна система. Надеждната работа на изградения измервателен комплекс е проверена и доказана при лабораторни изпитвания на стоманобетонни елементи, подложени на огъване.

Тази система е мобилна и може да бъдат направени измервания на налягане, деформации, относителни деформации, температура, усукващ момент, сила и тегло в местата, където се намират обектите.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Радев, Хр. и др. Метрология и измервателна техника. Книга-справочник в три тома, Том 1, 2, 3, Второ издание, Софтрейд, София, 2010.
2. Стоянов, Н. Информационно-измервателна биосензорна система за медицински и биотехнологични цели. Автореферат, 2007.
3. <http://www.hbm.com.pl/pdf/b0528.pdf>.
4. <http://www.hbm.com/en/menu/support/software-firmware-downloads/data-acquisition-systems/spider8>.
5. <http://www.hbm.com/en/menu/products/software/data-acquisition-software/catman-professional/>.
6. <http://www.mathworks.com/help/matlab/>.

# INFORMATION SYSTEM FOR MEASURING MECHANICAL MAGNITUDES DURING BUILDING STRUCTURES TESTING AND DATA PROCESSING

V. Slavchev<sup>1</sup>, I. Ivanchev<sup>2</sup>

*Keywords: measurement, testing, measuring system, mechanical magnitudes, bending, building structures*

*Research area: testing of structures*

## ABSTRACT

In the following paper the authors present opportunities for measuring pressure, deformations, relative deformations, temperature, torsional moment, force and weight. For this purpose different transducers were used (strain gauges, inductive displacement transducers, pressure sensors, thermal sensors). They are connected in different measuring systems to UPM100, Spider8 etc., which are synchronised in an information measuring system. Software supply is performed with the product Catman Professional 5.0 of the HBM Company. The results are obtained and processed in real time.

The reliable function of the measuring complex is verified and proven in laboratory tests of reinforced concrete elements subjected to bending. This system is mobile and measurements could be done in the places where the structures are located.

---

<sup>1</sup> Veselin Slavchev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Building Structures", University of Structural Engineering and Architecture, 175 Suhodolska St., Sofia 1373, e-mail: slavchev@vsu.bg

<sup>2</sup> Ivan Ivanchev, Eng. PhD student, Dept. "Building Structures", University of Structural Engineering and Architecture, 175 Suhodolska St., Sofia 1373, e-mail: iivanchev@mail.bg

