

## **СРАВНИТЕЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВИБРАЦИИТЕ НА КЛЕТКОВ ПОДЕМЕН СЪД ЗА РУДНИЧНА ПОДЕМНА УРЕДБА**

**Живко Илиев, Николай Иванов**  
[halkopirit@abv.bg](mailto:halkopirit@abv.bg), [ivanov\\_mgu@abv.bg](mailto:ivanov_mgu@abv.bg),

*Минно-геоложки Университет „Св. Иван Рилски“  
гр. София, 1700, ул. Проф. Боян Каменов  
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** вибрации, анализ, руднична подемна клетка, руднична подемна уредба, въглищна мина*

***Резюме:** Изследвани са ударните натоварвания и доминиращите честоти при движение на клетков подемен съд нагоре в условията на рудник „Бабино“, мини „Бобов дол“. Извършен е честотен анализ на получените резултати и са дадени препоръки за осигуряване на оптимална експлоатация на клетков подемен съд.*

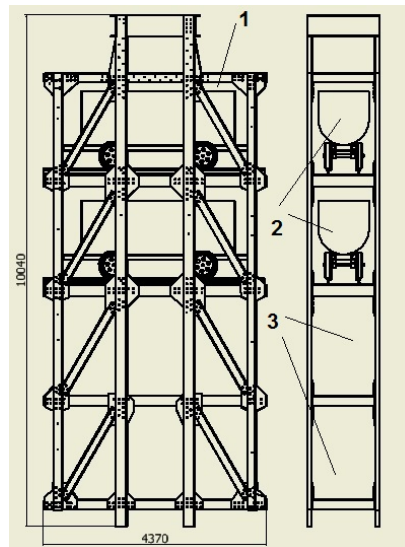
### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Резултатите от многогодишната експлоатация на РПУ (Руднични подемни уредби) у нас и в чужбина показват, че независимо от техните безспорни предимства в сравнение с другите видове технически средства за вертикален транспорт при подземен добив на полезни изкопаеми на голяма дълбочина, тяхната работа е съпроводена с редица недостатъци. Тези недостатъци от една страна ограничават постигането на проектната производителност и ефективност на минното предприятие, а от друга страна се явяват причини за възникването на аварии и катастрофи с изключително тежки последици [1]. Ето защо е необходимо детайлно изследване на системата „подемен съд - армировка“ в реални условия. [2]

### **ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕ**

Обектът на изследване е разгледаният на фигура.1 рудничен подемен съд, а именно четириетажна руднична клетка със следните елементи: 1- метална конструкция; 2- руднични вагонетки; 3- етажи за превоз на хора. Клетката е предназначена за превоз на хора (първи и втори етаж) и за транспорт на полезни изкопаеми (въглища - трети и четвърти етаж) с руднични вагонетки с обем на коша  $2,8 \text{ m}^3$ . собственото тегло на клетката е 14 000 kg. Едновременния превоз на хора и товари е забранен [3]. В шахта „Бабино“ бяха извършени изследвания с конкретна цел, но поради ограничеността от правилника по безопасност, а именно забраната за едновременния превоз на товари и хора, направените измервания са с подемен съд без товар, което означава, че те не са пълни и не могат да отговорят на абсолютно всички въпроси свързани със системата

армировка-клетка[4] На фигура 2 е показан надлъжен разрез на шахта „Бабино“, мини „Бобов дол“.

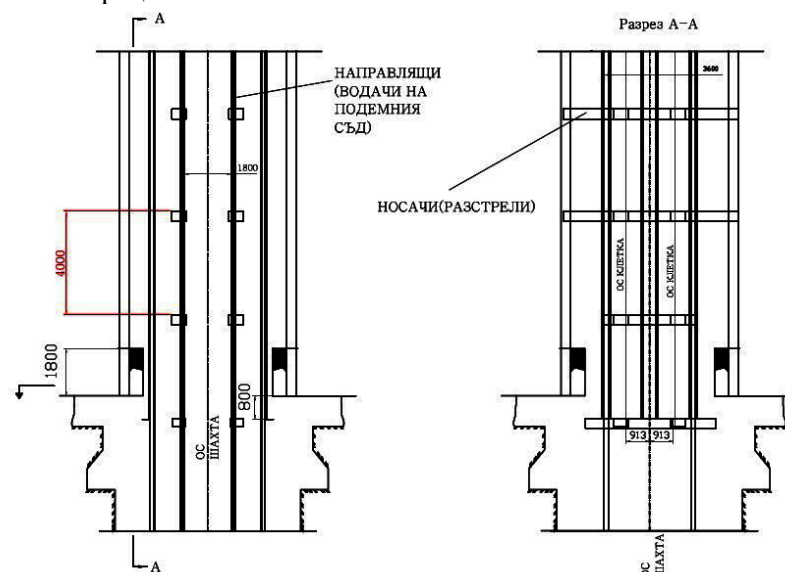


Фиг.1 Четириетажна клетка в рудник „Бабино“, Мини „Бобов дол“

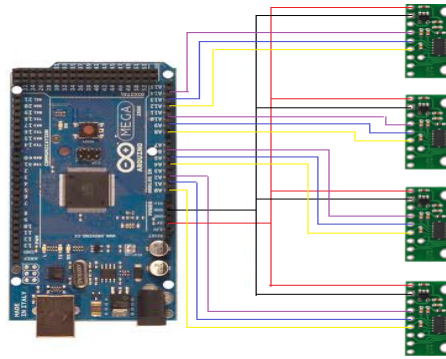
### СРЕДСТВА ЗА ИЗМЕРВАНЕ

Хардуерната реализация включва развойна система Arduino Mega и сензори за измерване на ускорение по три направления MMA7361. Параметрите на развойна система имащи значение за разработваното устройство са:- микроконтролер ATmega 2560 с тактова честота 16 MHz;- един 10 битов аналогово цифров преобразувател;- 16 аналогови входа и 54 входно/изходни цифрови пина;- максимална скорост на обмен на данни с компютър - 115200 bps;- SRAM -8kB. Сензорът за измерване на ускорение MMA7361 предлага следните възможности: - Избираем обхват (+/- 1.5 или 6g); - Максимална чувствителност 800mV/g; - Аналогов изходен сигнал; Принципната електрическа схема на устройството е представена на фигура .3. Захранването на Arduino Mega се осъществява от USB порта на преносимият компютър, а напрежение за сензорите MMA7361 се осигурява от самата развойна система.

Основните функции на устройството са сведени до събиране на данни за ускоренията в определени точки от механична конструкция и предаването им на преносим компютър с цел анализ на колебанията и вибрациите.



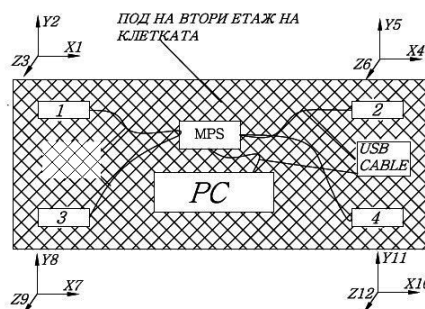
Фиг.2 Надлъжен разрез на рудник „Бабино“, Мини „Бобов дол“



Фиг.3 Принципна схема на софтуера за измерване

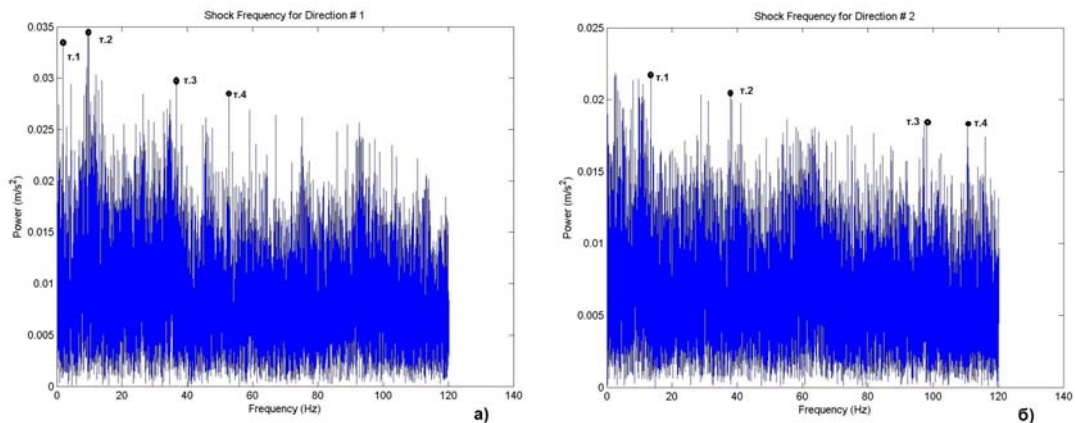
Софтуера дава възможност за неограничен запис за всяко от 12-те направления. Минималният интервал на дискретизация е 4,1615 милисекунди, като ограничаващо условие е броя на измервателните направления и възможностите на интерфейса за връзка с преносимият компютър (HP 6730 s), този интервал може да бъде увеличен програмно, както и да бъде намален с редуциране на направленията за измерване. Направено е числено интегриране на записите за получаване на ударните натоварвания и домиращите честоти.

На фигура 4 е показана схемата на разположение на датчиците за измерване, съответно с позициите 1,2,3 и 4. Чрез USB кабел микропроцесорната система (MPS) се свързва с преносим компютър (PC). Всеки един от датчиците има собствена измерителна координатна система. Съответно за датчик 1 имаме осите  $X_1$ ,  $Y_2$  и  $Z_3$ ; за датчик 2 осите -  $X_4$ ,  $Y_5$  и  $Z_6$ ; за датчик 3 осите -  $X_7$ ,  $Y_8$  и  $Z_9$ ; и за датчик 4 осите -  $X_{10}$ ,  $Y_{11}$  и  $Z_{12}$  както е видно от фигура 4.[5]

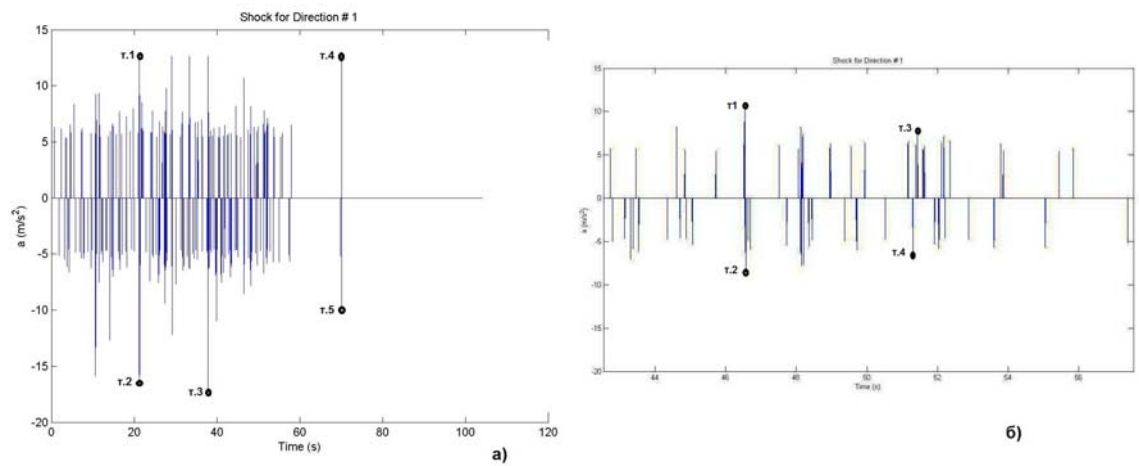


Фиг.4 Схема на разположение на датчиците на втори етаж на руднична подземна клетка

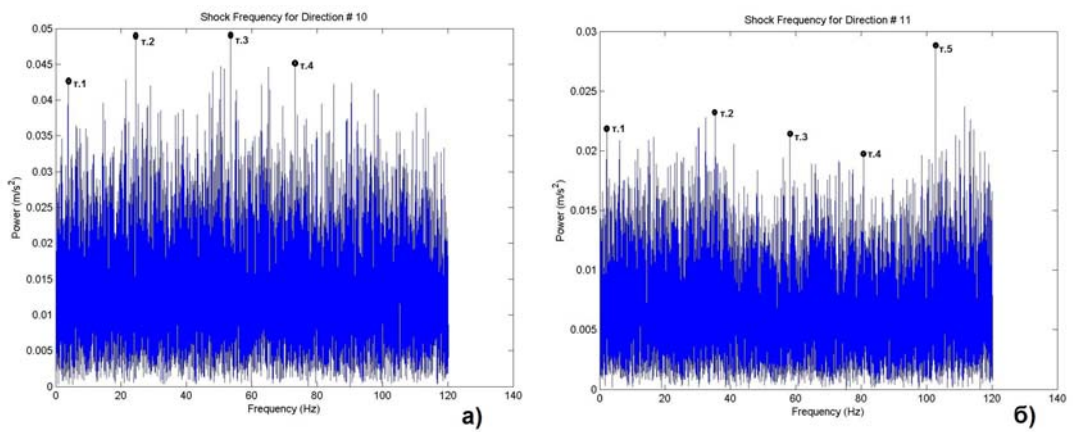
## РЕЗУЛТАТИ.



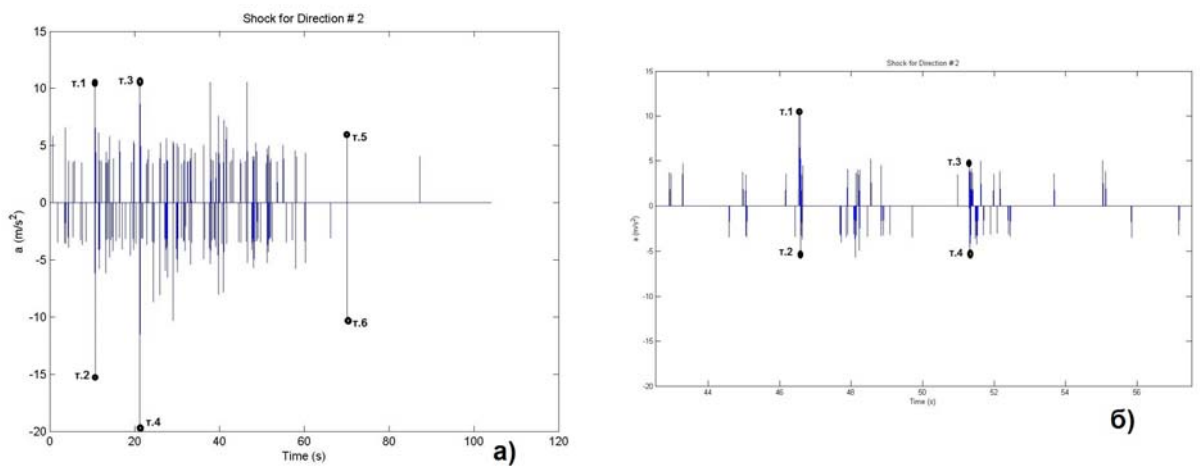
Фиг.5 Доминиращи честоти за ос X1(а) и ос Y2(б)



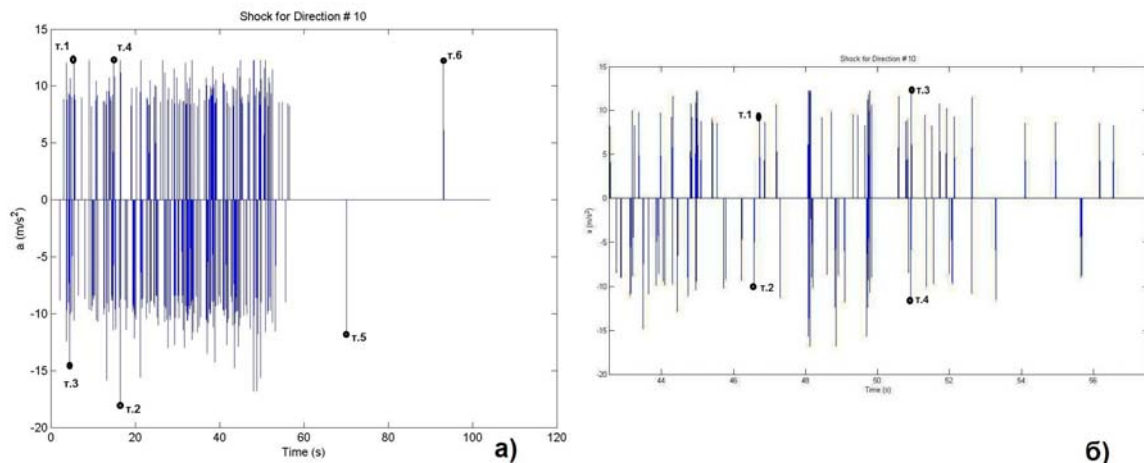
Фиг.6 Ударни натоварвания за ос X1(а) и за ос X1(б)-разпъната графика



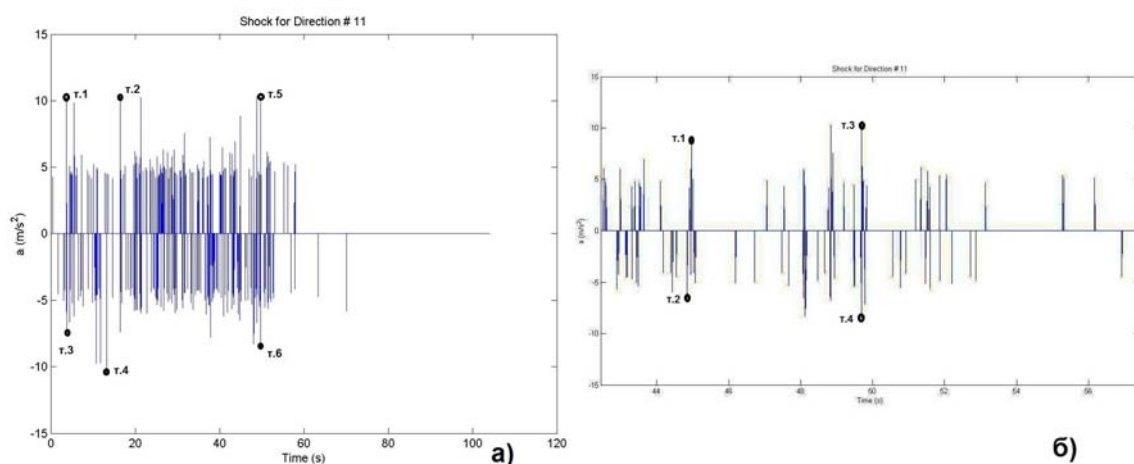
Фиг.7 Доминиращи честоти за ос X10(а) и ос Y11(б)



Фиг.8 Ударни натоварвания за ос Y2(а) и за ос Y2(б)-разпъната графика



Фиг.9 Ударни натоварвания за ос X10(а) и за ос X10(б)-разпъната графика



Фиг.10 Ударни натоварвания за ос Y11(а) и за ос Y11(б)-разпъната графика

## АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ И ИЗВОДИ

Резултатите от доминиращите честоти са показани на фигура 5 а) и фиг. 5 б) съответно за ос X1 и Y2. На фигура 5 а) са видни пикове на ускорението в точка 1:  $0,034 \text{ m/s}^2$ ; в т.2 -  $0,035 \text{ m/s}^2$ ; в т.3 -  $0,029 \text{ m/s}^2$ ; в т.4 -  $0,028 \text{ m/s}^2$ ; За ос Y2 имаме характерни пикове в следните точки както следва: т.1 -  $0,022 \text{ m/s}^2$ ; т. 2 -  $0,021 \text{ m/s}^2$ ; т. 3 и т.4 -  $0,019 \text{ m/s}^2$ . Така получените големини на доминиращите честоти за ос X1 и Y2 ни позволяват да заключим, че надлъжните домиращи честоти имат по-големи стойности от напречните такива. Графичното представяне на ударите за ос X1 се разглежда на фиг. 6 а) и б). На фиг. 6 а) са видни максимални стойности на ударите в т.1 и т.4 :  $+ 13 \text{ m/s}^2$ ; т.2 :  $- 17 \text{ m/s}^2$ ; т.3 :  $- 18 \text{ m/s}^2$ ; т.5 :  $-11 \text{ m/s}^2$ . На фиг. 6 б) графиката е във времевата област 43-56 секунда. Тук много ясно се очертава противоположната посока на ударите в рамките на една секунда. В 46 и 46,5 секунди имаме в т.1 :  $+ 10 \text{ m/s}^2$  и в т.2:  $- 9 \text{ m/s}^2$ . Друг характерен участък е между 51 и 51,5 секунди. Там се забелязват удари в т. 3 :  $+ 7 \text{ m/s}^2$  и в т.4:  $- 7 \text{ m/s}^2$ . Напречните доминиращи честоти за ос X10 са дадени на фиг. 7 а). Максималната стойност е получена в т.2 и в т.3 с големина  $0,05 \text{ m/s}^2$ ; В точка 1 големината на ускорението е  $0,043 \text{ m/s}^2$ , а в точка 4 имаме  $0,044 \text{ m/s}^2$ . Напречните доминиращи честоти за ос Y11 имат максимални стойности в точките 1, 2, 3 и 4 в рамките  $0,02 - 0,022 \text{ m/s}^2$ . В точка 5 се регистрира стойност  $0,029 \text{ m/s}^2$ , която обаче излиза от характерните стойности и трябва да се счита, че е със случаен характер. Ударните натоварвания за ос Y2 са представени на фиг. 8 а) и б). Разпънатата

извадка(фиг.8 б) между 43 и 56 секунда очертава два срещуположни пикове съответно в т.1 :+10 m/s<sup>2</sup>; и в т.2: - 9 m/s<sup>2</sup> и пиковете в т.3 : + 8 m/s<sup>2</sup> и в т.4: - 7 m/s<sup>2</sup>. Фигурите 9 и 10 показват ударните натоварвания за ос X10 и Y11. На извадките избразени на фиг.9 б) и фиг. 10 б) се забелязват двойка ударни натоварвания означени с т. 1 и т2 и другата двойка т.3 и т.4. От фигури 5 и 7 може да се заключи, че хармоничните съставни на ударите тук пряко зависят от скоростта на движение на подемния съд(скоростта зависи от натоварването, от състоянието на направляващите устройства и др.) Графичното представяне на ударите във времевия сигнал(фиг.6, 8, 9 и 10) ни показва периодични люлеения на подемния съд в следствие от стъпката на разположение на носачите (разстрелите).

## **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] Кърцелин Е., Илиев Ж., Направляващи устройства на подемни съдове за руднични подемни уредби, Годишник на МГУ“Св. Иван Рилски“, Том 54, София 2011
- [2] Начев Н.. “Системи за измерване и анализ на вибрационни и ударни процеси” София. Сп. „Машиностроене и машиностроителни технологии“,кн.2,2010
- [3] Правилник на безопасността на труда в подземни въглищни рудници(B-01-01-01), София, Том 1 и Том 2, 1992
- [4] Илиев Ж., Иванов Н.. Анализ на вибрационното състояние на клетков подемен съд за руднична подемна уредба в условията на рудник „Бабино“, мини „Бобов дол“, International Conference Engineering, Tehcnologies and System, TECHSYS, Plovdiv branch,2013

# COMPARATIVE STUDY OF VIBRATIONS OF A WINDING VESSEL OF A MINE WINDER

**Jivko Iliev, Nikolai Ivanov**  
[halkopirit@abv.bg](mailto:halkopirit@abv.bg), [ivanov\\_mgu@abv.bg](mailto:ivanov_mgu@abv.bg),

*University of Mining and Geology "St Ivan Rilski"*  
*Prof. Boyan Kamenov St., 1700 , Sofia*  
**BULGARIA**

**Key words:** : *shock loads, dominant frequencies, winding vessel, mine winder, coal mine.*

**Abstract;** *This paper studies the shock loads and the dominant frequencies during the movement of a winding vessel upwards on conditions in the "Babino", coal mine, part of the coal mine complex "Bobov dol". Frequency analysis of results obtained is carried out. Recommendations are given regarding the optimum operation of the winding vessel and how to ensure it.*