

МЕТОДИКА ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗМЕРВАНЕ НА ВИБРАЦИОННИТЕ ПАРАМЕТРИ НА КОНУСНА ИНЕРЦИОННА ТРОШАЧКА ТИП КИД-300

Симеон Савов¹, Петко Недялков²

¹ Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София, ss.ss@abv.bg

² Технически университет – София, 1756 София, nedpetko@tu-sofia.bg

РЕЗЮМЕ. В настоящата работа е представена разработената методика и са представени техническите средства за измерване на вибрационни параметри на конусна инерционна трошачка тип КИД-300. Създадената методика и алгоритъмът за обработка и анализ на резултатите се основават на съвременни софтуерни продукти. Компютърният анализ е базиран на Бързото Преобразуване на Фурие (БПФ, FFT). С помощта на създадената методика за експериментално измерване на вибрационни параметри са получени резултати за амплитудата на вибропреместването на корпуса на трошачката при различни работни режими и настройки на машината. За някои от получените резултати са представени амплитудните спектри на трансляционните и ротационните ускорения на корпуса на машината. Получените резултати служат за оптимизация на работните режими и пренастройване на работните параметри на машината.

EXPERIMENTAL MEASUREMENT METHODIC FOR VIBRATION PARAMETERS OF CONE INERTIAL CRUSHER (KID-300)

Simeon Savov¹, Petko Nedyalkov²

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, ss.ss@abv.bg

² Technical University – Sofia, 1756 Sofia, nedpetko@tu-sofia.bg

ABSTRACT. In this paper is presented the methodic and technical resources for measurement of vibrational parameters of one cone inertial crusher /КИД - 300/. Methodic and algorithm for processing the data used modern software products - OriginPro. Computer analysis is based on Fast Fourier Transform /FFT/. According to the methodic there are achieved result for amplitude of vibrational movement for crusher housing due to different parameters and adjustments of the crusher working regime. A few amplitude spectrums for translational and rotational degrees of freedom are presented. Presented results are used for choosing and optimization of working regime parameters and readjustments of the machine.

Въведение

Изследването на пространствени вибрационни параметри на механични системи е сложен проблем (Ганиев, 1976; Недялков, 2009; De Silva, 2000), за решаването на който няма общовалиден и утвърден метод. Поради тази причина при различните случаи (на механични системи) се подхожда различно в зависимост от конкретната машина или система. Основните аспекти на този проблем са свързани с измерването на кинематичните параметри на трептенията, със записването на получените резултати, с обработката на данните и анализ на резултатите.

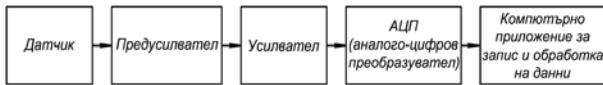
Целта на експерименталното изследване на вибрационните параметри е разкриването на: реални (натурни) показатели на машината, механични характеристики на работния процес на машината, процеси и възникващи взаимодействия между определени параметри в машината, работни зони и работни ускорения за характерни елементи или точки от машината. Записът на данните, получени от измервателната система, се извършва чрез аналого-цифров преобразувател (АЦП), който е свързан със записващ преносим персонален компютър. Основното удобство на компютърните записи е

улеснената обработка на данните и възможността за решаване на нетипични изследователски задачи, каквито възможности не са вградени в повечето универсални виброизмервателни апаратури. Най-голямата трудност при експерименталното изследване на вибрационни параметри е отнасянето на измерваните параметри към конкретна машина (обект на изследване), която в случая е конусна инерционна трошачка тип КИД-300. Устройството и принципът на действие на КИД-300 са описани в предходящи разработки (Савов, 2012; Savov et al., 2013).

Измервателна система за вибросигнали

Измервателната система за вибросигнали (Недялков, 2009), използвана при изследването на вибрационните параметри на КИД-300, е изградена от едноосови пиезоелектрични преобразуватели (датчици) KD35, предусилватели (в конкретния случай заряден усилвател Charge Amp) и усилвателно стъпало от инструментални усилватели Inst Amp. Тази постановка може да се определи като класическа схема (De Silva, 2000) за измерване на вибрационни параметри, чрез едни от най-разпространените датчици за измерване на виброускорения, а именно - пиезоелектричните акселерометри. Собствената им честота е в порядъка на 5÷20 kHz,

което ги прави подходящи за измерването на вибрации с честоти в границите на $5 \div 5000$ Hz. За целите на настоящото изследване е използвана многоканална измервателна система, блок схемата на която е показана на фигура 1.

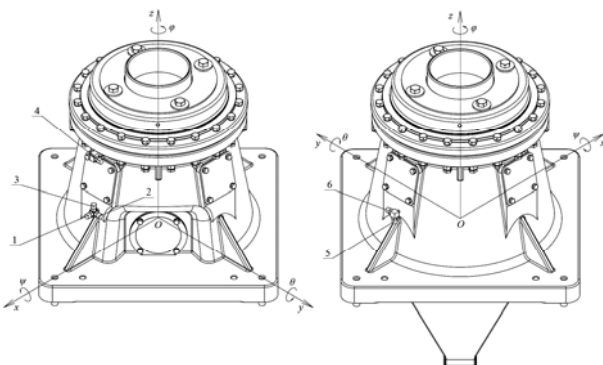


Фиг. 1. Блок схема на свързване на измервателна система към компютър за запис и обработка на данните

За да се осигури точност на измерването, системата е тарирана при ускорение $1g$ и честота 80 Hz с помощта на тарировъчна маса за датчици KD35. След това са получени тарировъчни сигнали от шестте канала на измервателната уредба и са определени съответните тарировъчни коефициенти, които са: канал №1 – $k_1=17,06$ m/s².V; канал №2 – $k_2=15,29$ m/s².V; канал №3 – $k_3=24,61$ m/s².V; канал №4 – $k_4=19,73$ m/s².V; канал №5 – $k_5=22,15$ m/s².V; канал №6 – $k_6=17,37$ m/s².V.

Постановка за измерване на пространствени вибрационни параметри

Пространствените вибрационни параметри на КИД-300 се представят чрез разделяне на движението на съставните му компоненти – съответно три транслационни премествания x , y , z по съответните три оси на Декартовата координатна система $Oxyz$ и съответстващите им три завъртания спрямо осите $Ox \rightarrow \psi$, $Oy \rightarrow \theta$, $Oz \rightarrow \varphi$. Ъгловите координати са приети като „Фиксирани ъгли“ на завъртане на Декартовата координатна система (Вражилски, 2009; Лазов, 2008) спрямо трите оси. Това представяне е идейно най-близко до реалната работа на КИД-300. Проблем при пространственото измерване на вибрации е измерването на ъглите на завъртане в системата. Пиезо-акселерометрите са датчици за линейно преместване, като измерваният сигнал се взема от надлъжната им ос. Чувствителността в напречната ос е каталоген параметър и за целите на инженерните изследвания може да се пренебрегне. Схемата на разположение на датчиците върху КИД-300 е представена на фигура 2.



Фиг. 2. Схематично разположение на акселерометрите върху корпуса на КИД-300

За изследването на вибрационните параметри на КИД-300 е необходимо да се изпълни многоточкова измервателна система, като броят на измервателните канали трябва да бъде равен на броя на измервателните

точки, които са изпълнени съгласно фиг. 2. Вибрационните параметри на КИД-300 са изследвани по шестточкова измервателна система (фиг. 2), при която има шест измервателни канала, съответно с шест датчика. За определянето на вибрационните параметри на КИД-300 са използвани следните зависимости:

$$\ddot{x} = s_1, \quad m/s^2 \text{ и } \ddot{\psi} = \frac{s_2 - s_4}{l_{1-4}}, \quad rad/s^2 \quad (1)$$

$$\ddot{y} = \frac{s_2 + s_6}{2}, \quad m/s^2 \text{ и } \ddot{\theta} = \frac{s_3 + s_5}{l_{1-6}}, \quad rad/s^2 \quad (2)$$

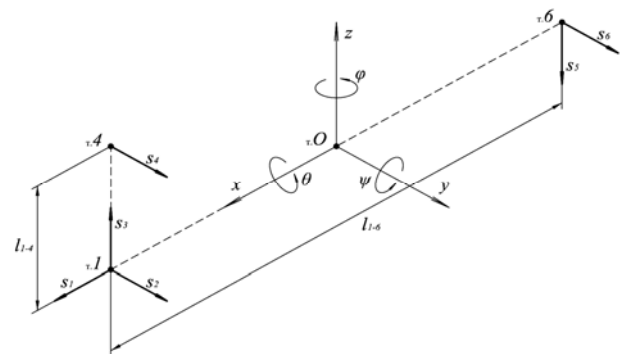
$$\ddot{z} = \frac{s_3 - s_5}{2}, \quad m/s^2 \text{ и } \ddot{\varphi} = \frac{s_2 - s_6}{l_{1-6}}, \quad rad/s^2 \quad (3)$$

където:

s_1, s_2, s_3, s_4, s_5 и s_6 , m/s² – сигнали от датчик №1, №2, №3, №4, №5 и №6 (фиг. 2 и фиг. 3);

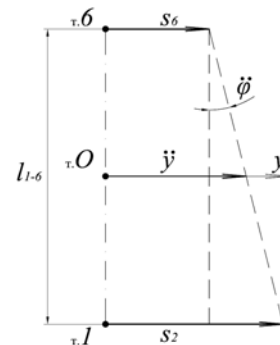
$l_{1-4} = 0,212$ m и $l_{1-6} = 0,615$ m – разстояния между точките на монтиране на групите датчици (фиг. 3).

На фигура 3 са представени схематично направлението на вибросигналите както и разстоянията на монтиране на групите датчици.



Фиг. 3. Направления на вибросигналите

Сигналите на датчиците, поставени по схемата на фиг. 3, са смесени, т.е. в сигнала от един датчик има компонента от линейното преместване и компонента от ъгловото завъртане на точката на окачване на датчика, както е показано на фигура 4.



Фиг. 4. Компоненти на вибросигнала за виброускорението по ос y на тръшачката

Условието, при което гореизложените зависимости се приемат за верни, е когато ъгловите завъртания са в границите до 5 deg – фиг. 4. Тогава е в сила следната зависимост:

$$\ddot{\varphi} = \arctg\left(\frac{s_2 - s_6}{l_{1-6}}\right), \text{ rad} / s^2 \text{ се свежда до}$$

$$\ddot{\varphi} = \frac{s_2 - s_6}{l_{1-6}}, \text{ rad} / s^2 \quad (4)$$

Запис и обработка на данните

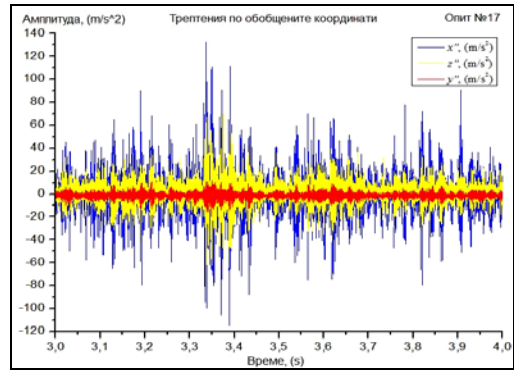
Блок схемата на измервателната уредба, с помощта на която са регистрирани резултатите, е представена на фиг. 1. Усилвателната група на измервателната уредба е свързана към компютърната система с помощта на аналого-цифров преобразувател (АЦП) на фирмата National Instruments NI USB 6210, който е с компютърен USB интерфейс. Потокът от данните след АЦП се получава в цифров вид, като записът на данните във вид на файл е направен с компютърното приложение DASYLab®. На фигура 5 е показана измервателната уредба в завършен вид заедно с КИД-300.



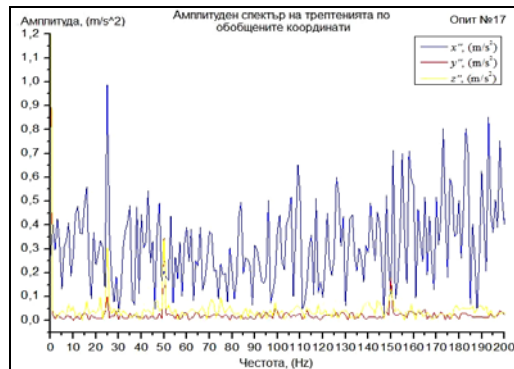
Фиг. 5. Измервателна уредба на вибропараметри 1 – КИД-300; 2 – акселерометри; 3 – захранващ блок; 4 – АЦП; 5 – преносим компютър

Съгласно изложената постановка за измерване на принудени трептения е направена серия от експериментални измервания на вибрационните параметри на КИД-300 при различни настройки на машината. Параметрите, които са променяни по време на експеримента, оказващи пряко влияние върху вибрационните параметри на машината, са: честотата на въртене на дебалансния вибратор, статичен инерционен момент на дебалансния вибратор и широчина на статичния разтоварен отвор на трощачката. Направени са общо 40 броя опита при различни настройки на трощачката, като тук са представени в графичен вид само някои от получените резултати (с помощта на програмния продукт OriginPro 8.5).

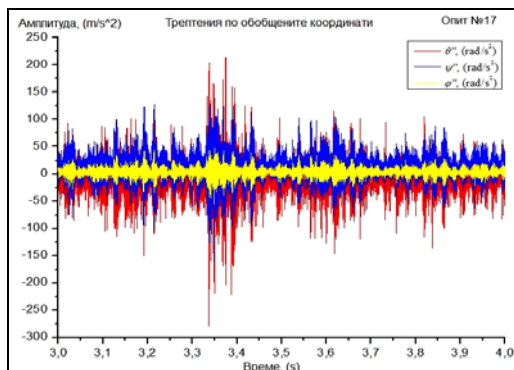
Компютърно записаният сигнал се нуждае от обработка за извличане на необходимата информация. На фигури 6, 8 и фигури 10, 12 са показани записите на сигналите, получени от шестте измервателни канала. Амплитудният спектър (фигури 7, 9 и фигури 11, 13) е получен чрез използване на Бързото Преобразуване на Фурие (БПФ) за записаните сигнали. Спектърът на виброускоренията е показан до честота 200 Hz, поради факта че трептенията с по-високи честоти са с много малки амплитуди на вибропреместването.



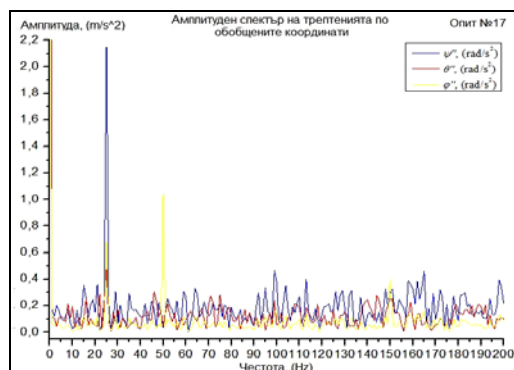
Фиг. 6. Амплитуда на транслационните ускорения при $f=24,997$ Hz, $b=6$ mm и $S_d=0,095$ kg.m



Фиг. 7. Амплитуден спектър на транслационните ускорения при $f=24,997$ Hz, $b=6$ mm и $S_d=0,095$ kg.m



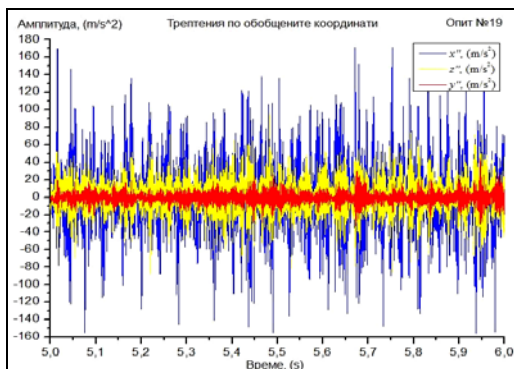
Фиг. 8. Амплитуда на ротационните ускорения при $f=24,997$ Hz, $b=6$ mm и $S_d=0,095$ kg.m



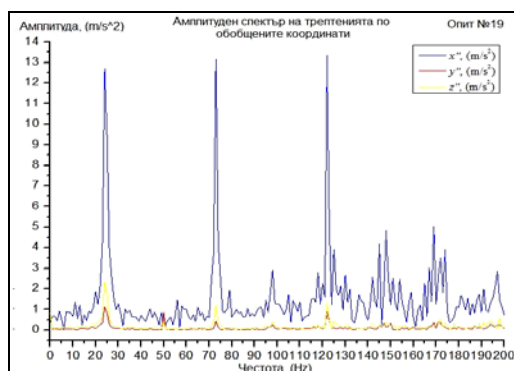
Фиг. 9. Амплитуден спектър на ротационните ускорения при $f=24,997$ Hz, $b=6$ mm и $S_d=0,095$ kg.m

На фигури 6 и 7 са представени амплитудата и амплитудният спектър на транслационните ускорения на корпуса на машината съответно при номинална честота на въртене на дебалансния вибратор, среден размер на

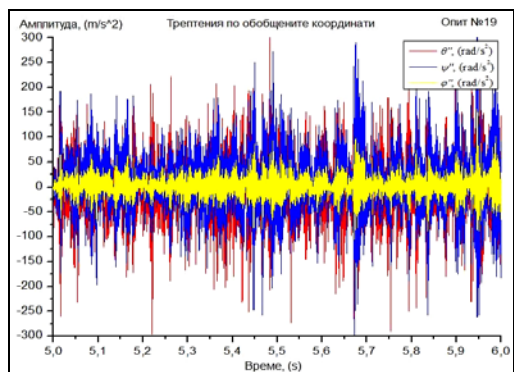
широчината на статичния разтоварен отвор и минимален статичен инерционен момент на дебалансния вибратор. На фигури 8 и 9 са представени амплитудата и амплитудният спектър на ротационните ускорения на корпуса на машината при същите настройки на трошачката.



Фиг. 10. Амплитуда на транслационните ускорения при $f=23,997$ Hz, $b=6$ mm и $S_d=1,295$ kg.m

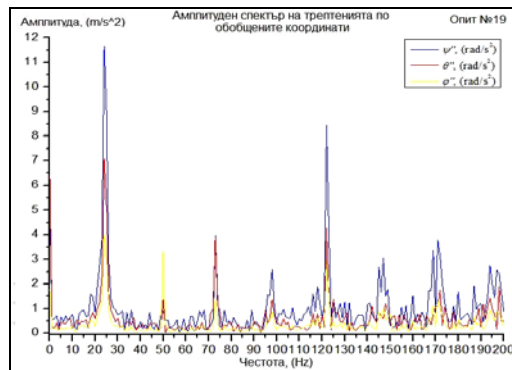


Фиг. 11. Амплитуден спектър на транслационните ускорения при $f=23,997$ Hz, $b=6$ mm и $S_d=1,295$ kg.m



Фиг. 12. Амплитуда на ротационните ускорения при $f=23,997$ Hz, $b=6$ mm и $S_d=1,295$ kg.m

На фигури 10 и 11 са представени амплитудата и амплитудният спектър на транслационните ускорения на корпуса на машината съответно при номинална честота на въртене на дебалансния вибратор, среден размер на широчината на статичния разтоварен отвор и максимален статичен инерционен момент на дебалансния вибратор. На фигури 12 и 13 са представени амплитудата и амплитудният спектър на ротационните ускорения на корпуса на машината при същите настройки на трошачката.



Фиг. 13. Амплитуден спектър на ротационните ускорения при $f=23,997$ Hz, $b=6$ mm и $S_d=1,295$ kg.m

Изводи

- Експерименталните изследвания на вибрационните параметри на КИД-300 дават възможност да бъде направен анализ на ускоренията на машината в пространството по време на работа при различни настройки на трошачката (честота на въртене на дебалансния вибратор, статичен инерционен момент на дебалансния вибратор и широчина на статичния разтоварен отвор).

- Разработена е методика за определяне на предаваното вибровъздействие от дебалансния вибратор през вътрешния конус и през разтрошавания материал до външния конус с корпуса и неговите опорни тампони, чрез използване на прецизна виброизмервателна апаратура.

- Този подход може да послужи като основа при определянето на силата (енергията), необходима за деформирането (трошенето) на материала в слой, и съпоставянето на тази енергия с вложената в системата енергия с цел определяне на загубите на енергия за трошене и оптимизация на задвижващата система на трошачката.

Литература

- Вражилски Др. Ц. 2009. *Изследване на работния процес и параметри на вибрационен сепаратор*. Дисертация, ТУ-София.
- Ганиев Р. Ф., В. О. Кононенко. 1976. *Колемания твърдых тел*. Москва, Наука.
- Лазов Л. Н. 2008. *Изследване на работния процес и параметри на ударно-отражателна трошачка*. Дисертация, ТУ-София.
- Недялков П. Н. 2009. *Динамично моделиране и изследване на работния процес и параметри на вертикална вибро-импулсна мелница*. Дисертация, ТУ-София.
- Савов С. 2012. Конструктивно-механичен обзор на конусно инерционни трошачки (КИД). – *Българско списание за инженерно проектиране*, септември, брой 15, 23÷28.
- De Silva C. W. 2000. *Vibration: fundamentals and practice*. CRC Press Boca Raton, London New York Washington, USA.
- Savov S., P. Nedyalkov, D. Mochev. 2013. Particle size distributions of one cone inertial crusher (KID-300) products. – *Proceedings of XV Balkan mineral processing congress*, June, Sozopol, Bulgaria, Vol. I, 150÷153.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Механизация на мините“.