

АНАЛИЗ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ И ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ РЕЖИМИ НА БАГЕР ERS-710 БАЗИРАН НА КОЛЕБАНИЯТА В МЕТАЛНАТА МУ КОНСТРУКЦИЯ

Здравко Илиев¹, Диана Дечева², Николай Иванов³, Тихомир Тодоров⁴

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail iliev@mgu.bg

² Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail diana_detcheva@abv.bg

³ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail ivanov_mgu@abv.bg

⁴ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail tiho_2003@abv.bg

РЕЗЮМЕ: Изследвани са възможностите за оценка на условията в които работи багер ERS-710 чрез използване на статистически и честотен анализ на колебанията, възникващи в металната му конструкция.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL AND OPERATING CONDITIONS OF EXCAVATOR ERS-710 BASED ON FLUCTUATIONS OF HIS METAL CONSTRUCTION

Zdravko Iliev¹, Diana Decheva², Nikolai Ivanov³, Tihomir Todorov⁴

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", E-mail iliev@mgu.bg

² University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", E-mail diana_detcheva@abv.bg

³ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", E-mail ivanov_mgu@abv.bg

⁴ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", E-mail tiho_2003@abv.bg

ABSTRACT: An estimate was made based on using statistical and frequency analysis of the fluctuations occurring in the metal structure of the excavator ERS-710 for assessment of his technical and operating conditions..

Увод

Работата на добивните минни машини е съпроводена с вибрации на механичната им конструкция. При повишено натоварване или при поява на проблеми от механичен характер се появяват хармонични съставни, които могат да бъдат:

- с продължителна проява в честотна област и/или с амплитуда, нетипични за колебанията, регистрирани при нормална работа на машината;

- асинхронни във времето колебателни преходни процеси, предизвикани най-често от кратковременно ударно натоварване на механичната конструкция.

Установяването, оценката и анализа на тези хармонични сигнали с различна продължителност и честотни характеристики е важна предпоставка за своевременно откриване на недопустими режими на работа, предаварийни и аварийни ситуации.

Цел и обхват на експерименталните изследвания

Експерименталните изследвания бяха проведени на верижен многокофов багер ERS-710, работещ в добивен възглицен участък в Мини "Марица-изток". Чрез специализиран прибор за трикоординатни акселерометрични измервания (Илиев З., Д. Дечева, Булкамк'11) бяха извършени записи на ускоренията, възникващи в три точки от металната конструкция на багера:

1. Мачта на багера - върхът на централната колона около която се въртят разтоварна стрела и горния строеж на багера.

2. А-фермата, на която са захванати полиспастите на звената за подема на кофовата верига.

3. Централната колона, в близост до 3-те опорни лагера на въртенето на горна багерна част, разтоварната стрела и рицел-валовеите на редукторите за въртене на горна багерна част.

Целта на проведените изследвания беше да се установи:

1. Диапазонът на възникващите ускорения при нормална работа на багера.

2. Честотата и интензитета на ускоренията, съществено различаващи се от тези при нормална работа.

3. Дали съществуват "типични" хармоници, характеризиращи колебанията, които възникват при нормалната работа на багера и по възможност да се определят техните честоти и амплитуди.

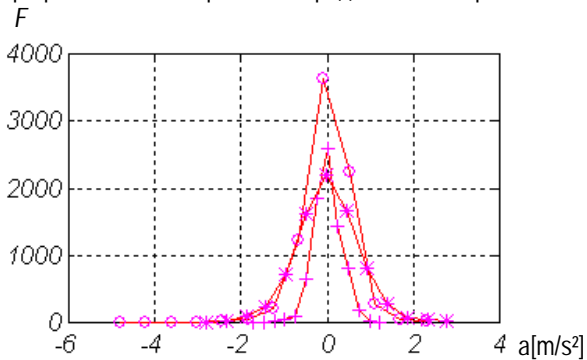
4. Доколко честотният анализ на колебанията в металната конструкция на багера може да се използва като информационен базис в системите за диагностика.

Резултати от проведените експериментални изследвания

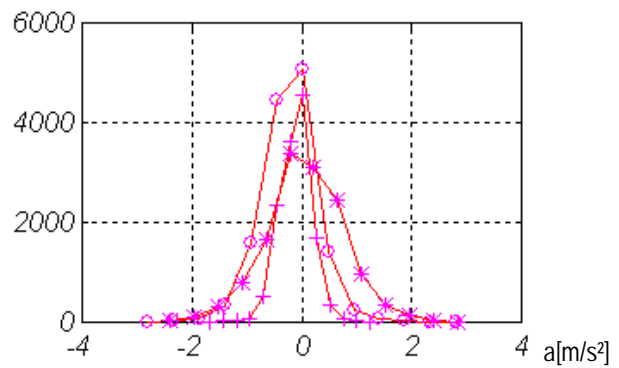
На база на експерименталните данни са определени функциите на разпределение на ускоренията, възникващи по трите оси. На фиг. 1, 2, 3 и 4 са представени хистограмите за измервателна точка 2 при покой на багера и работа в различни режими.

С "o" е означена графиката, съответстваща на измерените ускорения по ос X, с "+" – по ос Y, а с "*" – по ос Z. От получените резултати може да се направи извода, че ускоренията при работа и в покой могат да се отнесат към стохастичните процеси с нормално разпределение.

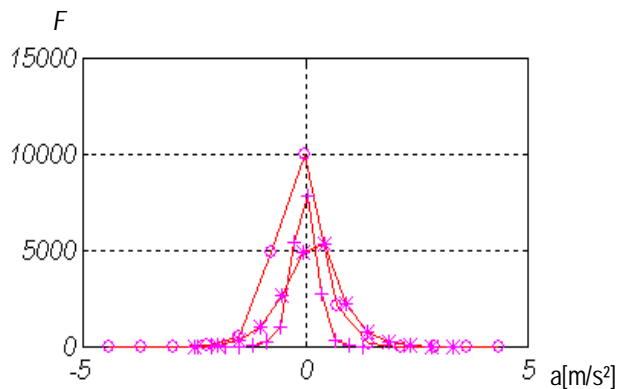
В таблица 1 са представени резултатите от статистическа обработка на данните за всички измервателни точки и определените допустими интервали на изменение на ускоренията при нормална работа на багера. Графично тези интервали са представени на фиг. 5.



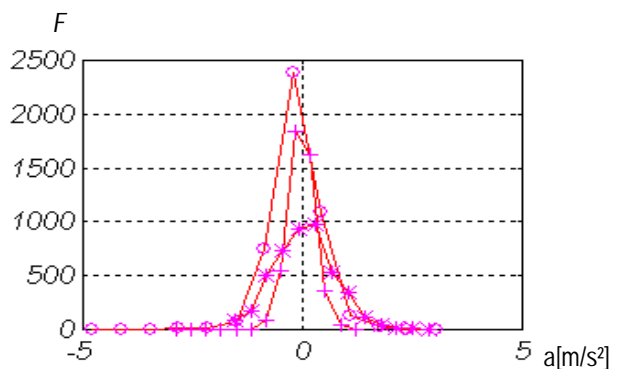
Фиг.1. Багерът е в покой.



Фиг.2. Багерът копае в дясно



Фиг.3. Багерът копае в ляво



Фиг.4. Багерът копае в дясно с лек товар

На нея с най-тъмен цвят е показана стойността на математическото очакване - μ . Величината, изобразена посредством стълбчета с номера от 1 до 9 е представена на в таблица 2



Фиг. 5. Допустими интервали на изменение на ускоренията

Таблица 1.

Точка	Функция	При покой			При копаене в дясно			При копаене в ляво		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	μ	0.0777	-0.0614	-0.057	-0.2127	-0.0801	-0.0602	0.3543	0.0149	-0.091
	σ	0.4831	0.1646	0.1720	0.5040	0.1667	0.1694	0.4711	0.1615	0.1606
	3σ	1.4493	0.4938	0.5161	1.5122	0.5002	0.5082	1.4130	0.4846	0.4818
	$\mu+3\sigma$	1.5270	0.4324	0.4591	1.2995	0.4201	0.4480	1.7678	0.4995	0.3908
	$\mu-3\sigma$	-1.3716	-0.5552	-0.5731	-1.7249	-0.5803	-0.5684	-1.0592	-0.4697	-0.5728
2	μ	-0.0763	-0.0032	-0.019	0.0009	0.0264	-0.2185	-0.0302	0.0404	0.4238
	σ	0.5964	0.3342	0.7451	0.5372	0.2998	0.7352	0.5829	0.3220	0.7487
	3σ	1.7894	1.0026	2.2353	1.6116	0.8995	2.2057	1.7487	0.9660	2.2461
	$\mu+3\sigma$	1.7131	0.9994	2.2163	1.6125	0.9259	1.9872	1.7185	1.0064	2.6699
	$\mu-3\sigma$	-1.7894	-1.0026	-2.235	-1.6116	-0.8995	-2.2057	-1.7487	-0.9660	-2.2462
3	μ	-0.0562	0.0538	0.0018	-0.05	-0.2483	0.1104	-0.0931	-0.1175	-0.0323
	σ	0.1503	0.1407	0.12	0.13	0.1989	0.1682	0.14	0.1805	0.1634
	3σ	0.4509	0.4221	0.36	0.39	0.5969	0.5046	0.42	0.5416	0.4902
	$\mu+3\sigma$	0.3947	0.4759	0.3618	0.34	0.3486	0.6150	0.3269	0.4241	0.4579
	$\mu-3\sigma$	-0.5071	-0.3683	-0.3582	-0.44	-0.8452	-0.3942	-0.5131	-0.6591	-0.5225

Таблица 2.

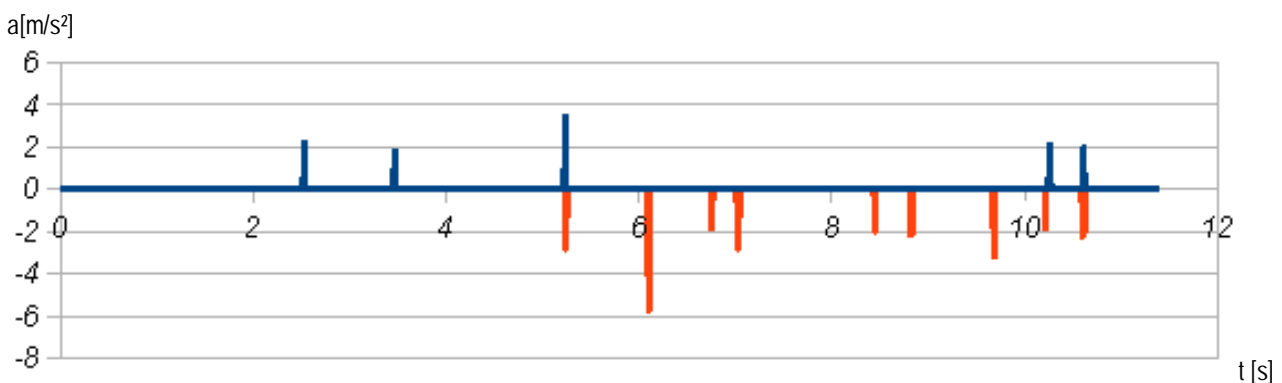
Стълбче №	Режим	Ускорения, измерени по ос
1	покой	X
2	покой	Y
3	покой	Z
4	багерът копае надясно	X
5	багерът копае надясно	Y
6	багерът копае надясно	Z
7	багерът копае наляво	X
8	багерът копае наляво	Y
9	багерът копае наляво	Z

Анализът на получените резултати показва, че изменението на ускорението във всички режими на работа при липса на ударни натоварвания варира в интервала

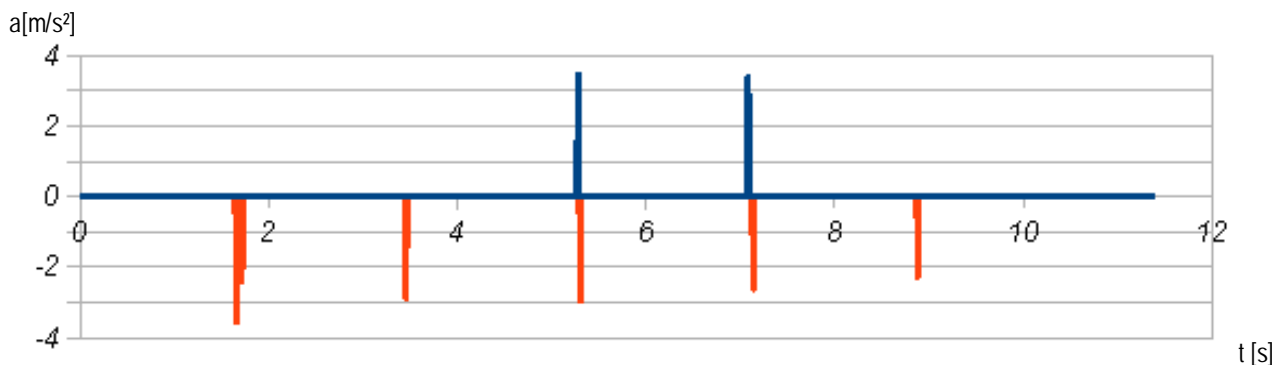
$\pm 1,7 \text{ m/s}^2$ за измервателна точка 1, $\pm 2,5 \text{ m/s}^2$ за измервателна точка 2 и $\pm 0,8 \text{ m/s}^2$ за измервателна точка 3.

Използвайки тези данни, лесно могат да се определят ситуацията и моментите от време в които се появяват ударни натоварвания на металната конструкция, характеризирани се с поява на ускорения извън определения диапазон.

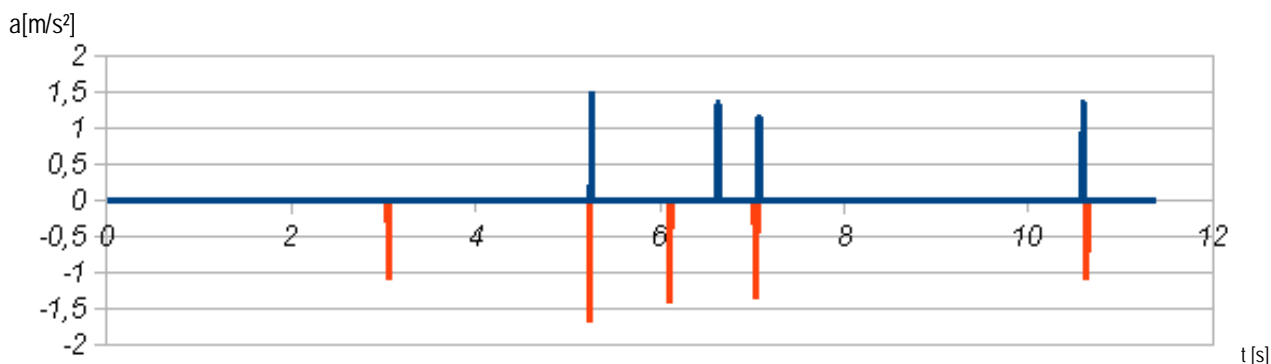
На фигури 6, 7 и 8 за измервателна точка 2 са представени регистрираните ударни натоварвания, които са регистрирани в рамките на 12s по оси съответно X, Y и Z при копаене на багера наляво.



Фиг.6. Ударни натоварвания по ос X



Фиг. 7. Ударни натоварвания по ос Y



Фиг. 8. Ударни натоварвания по ос Z

Докато ударните ускорения, регистрирани по оси X и Z имат случаен характер, и може да се предположи, че те се дължат на условията на работа на багера, то по ос Y определено пиковите натоварвания са периодични, което може да се дължи както на спецификата на работа на багера, така и на наличие на механичен проблем. Сравняването на трите графики дава информация и за наличието на колебания едновременно и по трите оси. Приблизително в 5,2 и 7,2 секунда от записа, ускоренията и по трите оси са надвишили стойностите с които се характеризира нормалната работа на багера.

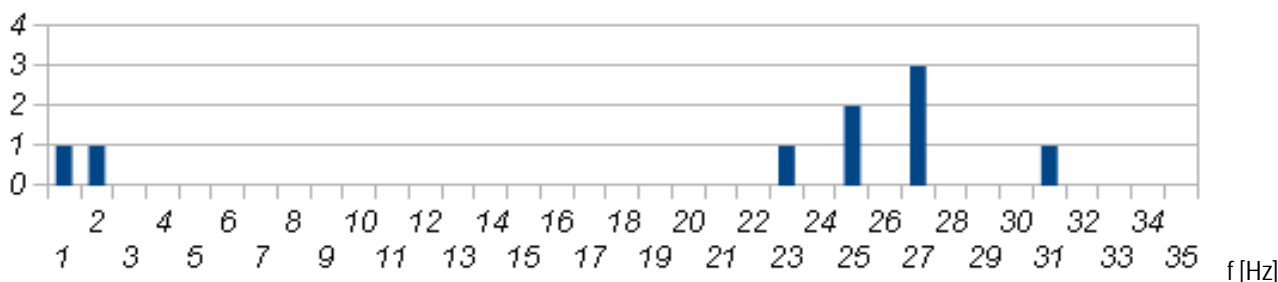
Извършен е честотен анализ на получените данни от измерванията. Целта е намиране честотите и амплитудите на "типичните" хармонични изменения на ускоренията при покой и работата на верижния багер. Обработката на данните е извършена с програма за спектрален анализ, позволяваща минимизиране на ефекта "изтичане на честоти" [Vidolov, Y., "Hybrid frequency estimation method"]. Използването и позволява по-точно определяне на доминиращите честоти, в сравнение със стандартните

програмни продукти, особено в условията на зашуменост на сигнала, какъвто е конкретния случай.

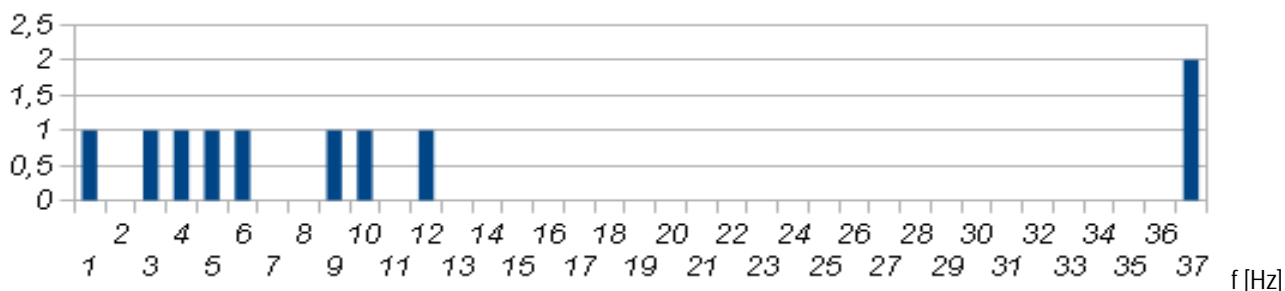
Резултатите от работата на програмата са представени в таблица 3. В нея доминиращите честоти и тяхните амплитуди са представени в низходящ ред на амплитудата.

Анализът на получените резултати позволява да се направи заключението, че амплитудите на хармоничните съставни в измерваните сигнали са сравнително малки и много рядко надвишават $0,2 \text{ m/s}^2$. При амплитуди на типично срещаните ускорения в металната конструкция на багера в трите измервателни точки от порядъка на $\pm 1,7$, $\pm 2,5$ и $\pm 0,8 \text{ m/s}^2$ става ясно, че хармоничните трептения не отразяват съществено процесите, протичащи при копаене.

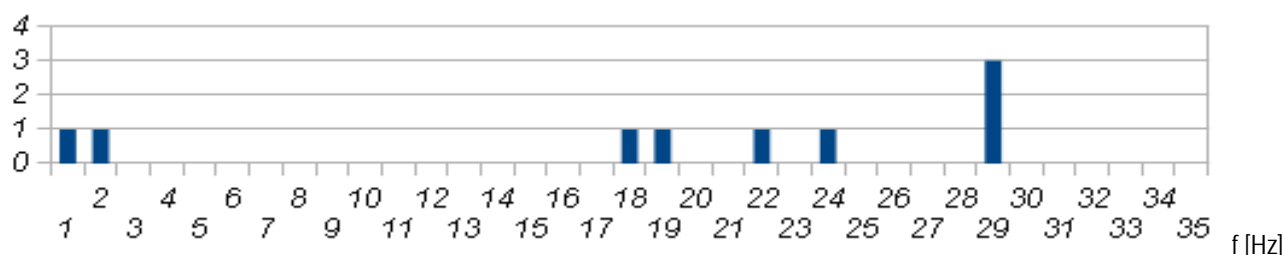
Разпределението на честотите с най-голяма амплитуда за измервателна точка 2 е показано на фигури 9, 10 и 11.



Фиг. 9. Доминиращи честоти по ос X за всички режими.



Фиг. 10. Доминиращи честоти по ос Y за всички режими.

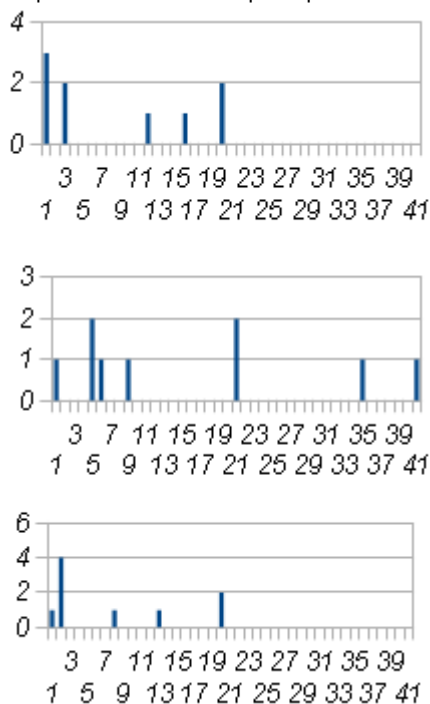


Фиг. 11. Доминиращи честоти по ос Z за всички режими.

Таблица 3

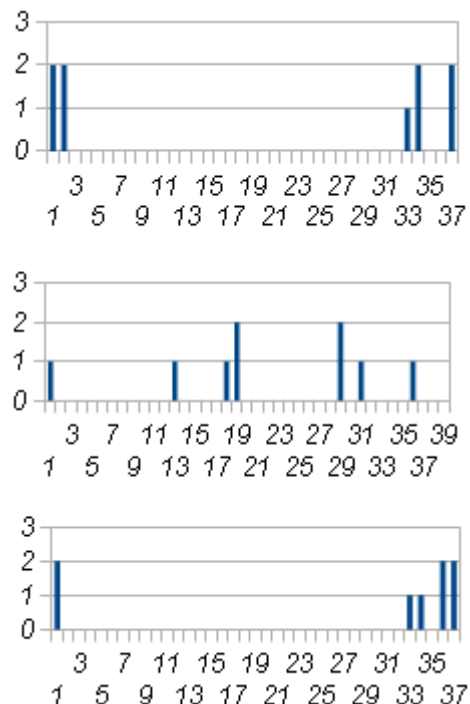
Точка	Състояние на батера	Ос	Амплитуда m/s^2	Честота Hz	Амплитуда m/s^2	Честота Hz	Амплитуда m/s^2	Честота Hz
1	покой	X	0.0410	0.88	0.0290	5.94	0.0230	2.82
		Y	0.0410	0.91	0.0240	5.02	0.0230	8.67
		Z	0.0185	7.80	0.0175	23.77	0.0170	20.47
	копае на ляво	X	0.3300	19.79	0.0220	24.47	0.0900	28.62
		Y	0.0680	20.33	0.0450	4.42	0.0280	34.83
		Z	0.0750	4.52	0.0610	1.89	0.0590	19.80
	копае на дясно	X	0.3400	19.72	0.2000	28.32	0.1100	26.35
		Y	0.0860	20.44	0.0380	4.25	0.0320	40.28
		Z	0.0840	1.56	0.0680	19.74	0.0470	4.55
2	покой	X	0.0250	0.35	0.0230	11.77	0.0190	3.84
		Y	0.0310	0.72	0.0220	2.74	0.0180	11.54
		Z	0.0152	1.40	0.0139	12.33	0.0137	3.94
	копае на ляво	X	0.1150	36.99	0.0700	26.13	0.0630	15.22
		Y	0.1100	3.53	0.0890	36.63	0.0800	9.20
		Z	0.1700	36.77	0.1230	39.20	0.0750	1.64
	копае на дясно	X	0.0820	37.00	0.0770	28.25	0.0750	45.92
		Y	0.1150	4.12	0.0900	36.58	0.0630	8.48
		Z	0.1400	0.14	0.1300	36.70	0.0900	39.03
3	покой	X	0.0340	37.37	0.0290	0.43	0.0280	32.22
		Y	0.0310	37.35	0.0280	30.77	0.0250	32.83
		Z	0.0260	25.45	0.0230	30.69	0.0225	37.58
	копае на ляво	X	0.1100	2.26	0.0220	5.62	0.0210	4.25
		Y	0.1000	30.03	0.0600	20.23	0.0400	2.40
		Z	0.1100	2.25	0.0800	30.04	0.0300	40.74
	копае на дясно	X	0.0480	40.29	0.0380	2.05	0.0330	4.28
		Y	0.0820	20.57	0.0780	19.48	0.0690	14.73
		Z	0.0760	30.44	0.0520	19.60	0.0400	40.33

Както се вижда от графиките за всяка от осите съществуват две обособено области, които условно могат да се разделят на ниско и високочестотна. Докато за оси X и Z те приблизително се припокриват, то за ос Y



Фиг.12. Измервателна точка 1

нискочестотната е значително по-голяма. Това най-вероятно се дължи на естеството на работа на багера при движението му встрани в режим на копаене на въглища.



Фиг.13. Измервателна точка 3.

За останалите измервателни точки съществува аналогична зависимост. Колебанията по оси X и Z имат приблизително еднакво разпределение, а при координата Y се срещат и честоти, които са извън диапазона на другите координати (фигури 12 и 13, като последователно отгоре – надолу са представени графиките съответстващи на измервания по оси X, Y и Z).

Изводи

Проведените експериментални изследвания и получените резултати позволяват да се твърди, че ускоренията в металната конструкция на багера са параметър, който успешно може да бъде използван при оценка на условията на работа на багера е диагностика на техническото му състояние. Чрез тях лесно могат да се установят както възникването на периодични и неперидични ударни натоварвания, така и появата на колебания, които не са характерни за нито един от нормалните режими на работа.

Препоръчана за публикуване от катедра „Автоматизация на минното производство“, МЕМФ

Интересен момент представлява възможността за обработка на данните в реално време при която хармоничните колебания могат да бъдат извадени от общия сигнал и резултата да бъде анализиран за поява на периодични удари, който са ясен белег за възникнал механичен проблем.

Литература

1. Vidolov, Y., "Hybrid frequency estimation method", Information Technologies And Control Journal, Issue.4, 2011, ISSN 1312-2622.
2. Илиев З., Д. Дечева, Н. Иванов, Т. Тодоров, "Изследване на колебанията в металната конструкция при работа на багер ERS-710, Национална научно-техническа конференция с международно участие "Автоматизация в минната индустрия и металургията" БУЛКАМК'11, София, 2011