

УДК 621.926.2

Є.О. Міщук, асистент (КНУБА, Київ)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТРИМАСНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ДРОБАРКИ

**АНОТАЦІЯ.** Розглянута експериментальна установка тримасна вібраційна шокова дробарка для проведення досліджень параметрів механічного режиму. Представлені результати експериментальних досліджень.

**Ключові слова:** жорсткість, віброграма, дробарка, експеримент.

**SUMMARY.** Considered experimental model of the three mass of vibration jaw crusher for research parameters mechanical mode. The results of experimental researches are presented.

**Key words:** stiffness, vibrograma, crusher, experiment.

**Вступ.** Ексцентрикові шокові дробарки використовуються на переважній більшості кар'єрів та підприємств [1]. В даних машинах процес подрібнення відбувається за умов великих енергозатрат та з відсутністю селективності [1], [2]. При використанні вібраційних дробарок для подрібнення матеріалів знижується енергоємність процесу, підвищується продуктивність та якість матеріалу. Проте параметри механічного режиму машин даного класу не є повністю дослідженими. Серед великої кількості конструктивних схем вібраційних шокових дробарок особливе місце займає тримасна схема, яка характеризується низькими енергозатратами. Ефективність роботи такої дробарки забезпечується при оптимально підібраних динамічних параметрах. Іншою невирішеною проблемою є визначення енергозатрат на процес подрібнення.

**Актуальність дослідження.** В публікаціях [1], [2], [3] наведені розрахунки основних параметрів вібраційних дробарок, які виконані за двомасною схемою.

Дослідження параметрів механічного режиму тримасної вібраційної шокової дробарки відсутні.

**Постановка задачі.** На розробленій експериментальній установці визначити переміщення мас дробарки (другої та третьої) з матеріалом та без матеріалу на різних частотних режимах та дослідити ефективність її роботи.

### Результати дослідження.

Для проведення експериментальних досліджень розроблено фізичну модель тримасної вібраційної шокової дробарки та визначені коефіцієнти її пропорційності до натурної установки.

Тримасна вібраційна шокова дробарка (рис.1, а) складається з трьох мас, які попарно з'єднані пружними елементами 4 і 9. Перша маса дробарки включає в себе рухому плиту 3 до якої жорстко прикріплений вібратор 2 (ИВ-104Бб). Друга маса включає збірну раму 5 до якої жорстко або шарнірно кріпляться нерухомі дробильні плити 8. Рама 5 дробарки опирається на станину 1 через гумові пружні елементи 10. Третя маса (ударник) включає в себе рухому плиту 7 до якої з обох боків жорстко кріпляться дробильні плити 6. Монтуюється третя маса в середині рами дробарки і опирається на спеціальні роликові опори 11.

Підключення вібратора 2 в мережу живлення зображено на рисунку 3. 1, б. Контакти вібратора 2 з'єднуються за схемою трикутник внаслідок чого на кожній фазі виникає різниця потенціалів в 220В. Далі контакти вібратора з'єднуються з частотним перетворювачем 13 (DELA VFD-EL) через автоматичні вимикачі 14 (Legrand) номіналом 6А. В свою чергу частотний перетворювач 13 з'єднується з однофазною мережею живлення (220В, 50 Гц), через автоматичні вимикачі 12 (Eaton) номіналом 16А. Частотний перетворювач має ethernet роз'єм 16, за допомогою якого він підключається до ПК.

Вібратор 2 і частотний перетворювач 13 мають заземлення 15. Технічні характеристики приводу вібраційної шоквої дробарки представлені в таблицях 1 – 2.

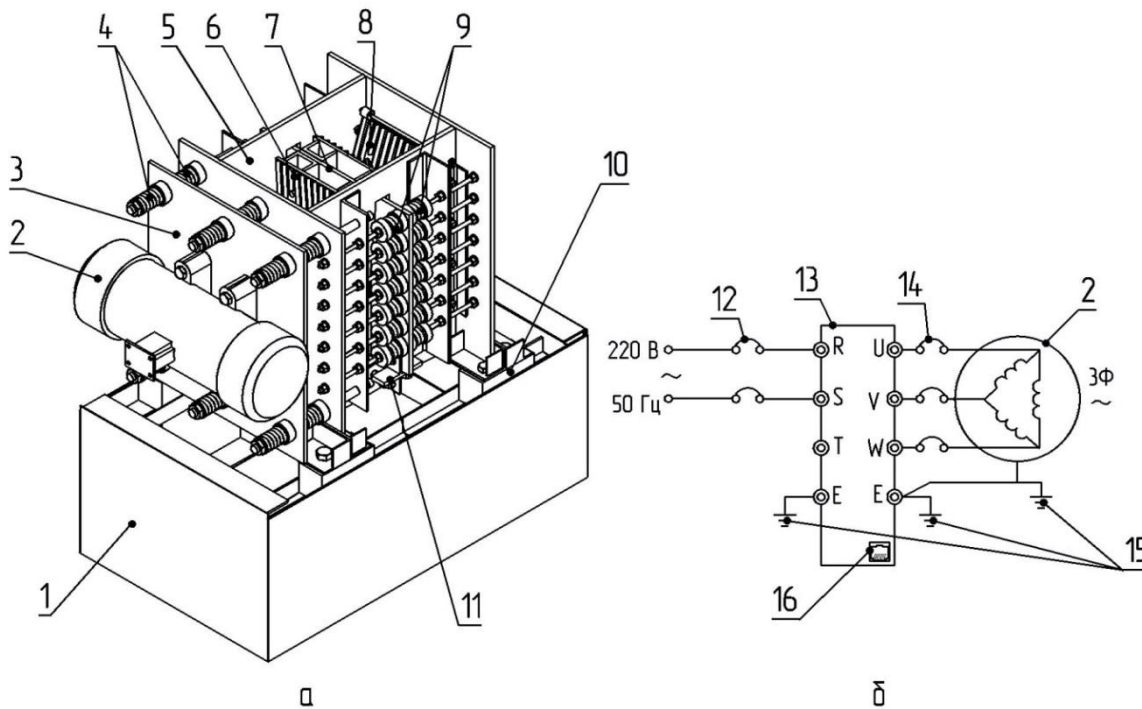


Рисунок 1. Конструктивна схема фізичної моделі тримасної вібраційної шоквої дробарки.

На основі схеми фізичної моделі рис. 3.1, було розроблено експериментальну установку рис. 2.

Таблиця 1

**Технічні характеристики вібратора ИВ-104Б6**

Кількість полюсів	6
Частота обертання, об/хв.	1000
Збурююче зусилля, кН	2,7...5,5
Статичний момент, кг*см	25,0...50,0
Напруга живлення, В	380В; 3Ф
Частота струму, Гц	50
Потужність електродвигуна, кВт:	
- номінальна	0,37
- споживана	0,53
Вага, кг	33,0
Робочий ресурс, год.	900
Габарити, мм	
- ширина	235
- висота	250
- довжина	515

Для визначення характеристик експериментальної установки та робочого процесу використовувалось електронне обладнання [82],[83], [84], [85]. Експериментальні дослідження проводились в декілька етапів. На кожному етапі проводилась наступна послідовність дій. За допомогою частотного перетворювача задавалась частота обертів після чого знімалися покази тензорезисторів.

На першому етапі досліджувалась робота дробарки без матеріалу на різних частотних режимах. На другому етапі проводились дослідження дробарки під навантаженням. В якості навантаження використовували розпирний клин із встановленими датчиками та цегла.

Таблиця 2

**Технічні характеристики частотного перетворювача DELT VFD-EL**

Потужність, кВт	2,2
Число фаз/напруга на вході	1-ф/220В
Число фаз/ напруга на виході	3-ф/220В
Номінальний струм, А	11,0
Струм на протязі 1 хв, А	16,5
Максимальна вихідна частота	600 Гц
Вага, кг	1,9
Габарити, мм	
- ширина	100
- висота	174
- довжина	136



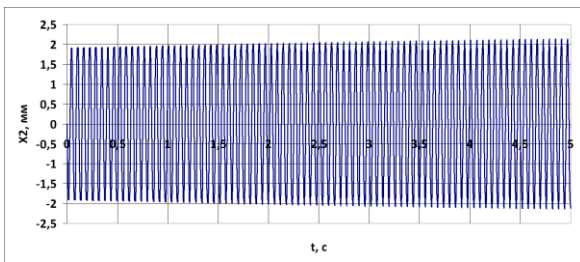
а



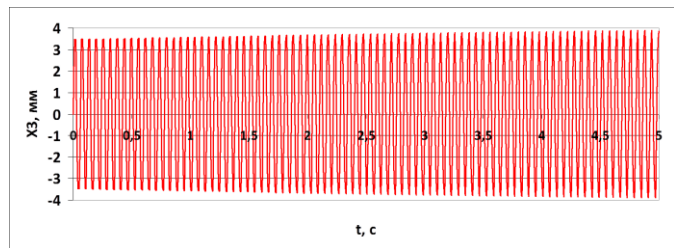
б

Рисунок 2. Експериментальна установка тримасна вібраційна шокера дробарка  
а – загальний вид; б – блок керування.

Дослідження впливу частоти на роботу дробарки при змінних параметрах збудовального зусилля та жорсткості представлено у вигляді віброграм на рис. 4 – 6.

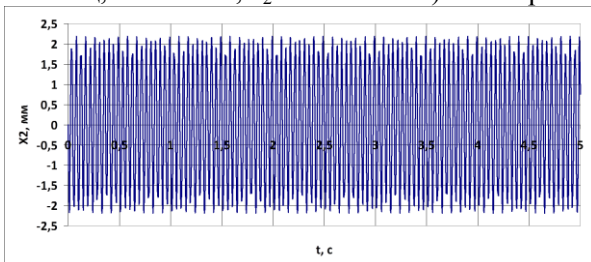


а

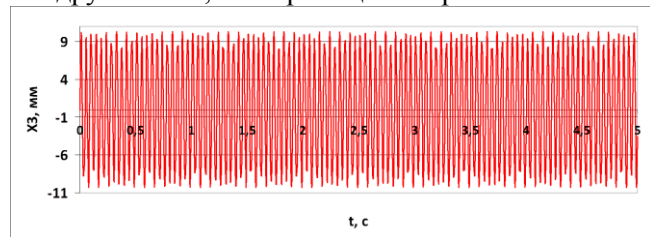


б

Рисунок 4. Віброграми коливань мас вібраційної шокера дробарки при роботі без матеріалу ( $f=16,7$  Гц,  $F=5482$  Н,  $c_2=529718$  Н/м): а – переміщення другої маси; б - переміщення третьої маси.

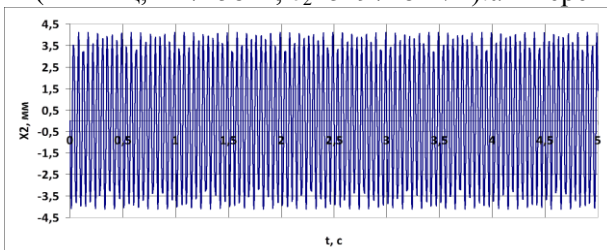


а

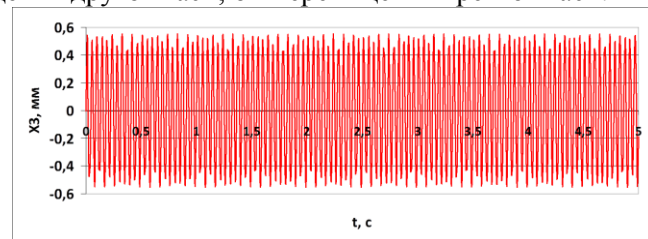


б

Рисунок 5. Віброграми коливань мас вібраційної шокера дробарки при роботі без матеріалу ( $f=22$  Гц,  $F=7158$  Н,  $c_2=529718$  Н/м): а – переміщення другої маси; б - переміщення третьої маси.



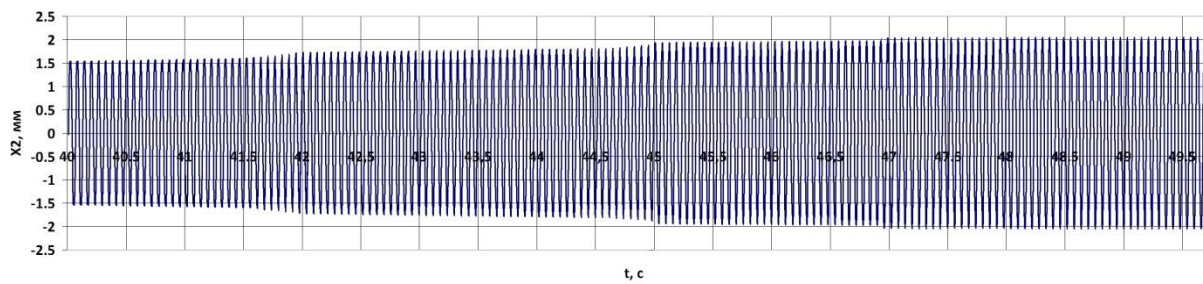
а



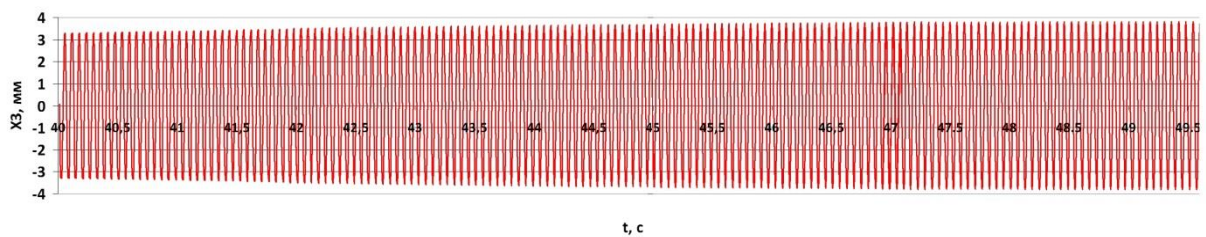
б

Рисунок 6. Віброграми коливань мас тримасної вібраційної шокера дробарки при роботі без матеріалу ( $f=22$  Гц,  $F=7158$  Н,  $c_2=3538800$  Н/м):  
а – переміщення другої маси; б - переміщення третьої маси.

Дослідження роботи тримасної вібраційної шокової дробарки за наявності матеріалу в камері подрібнення представлено у вигляді віброграм на рис. 7 – 4.

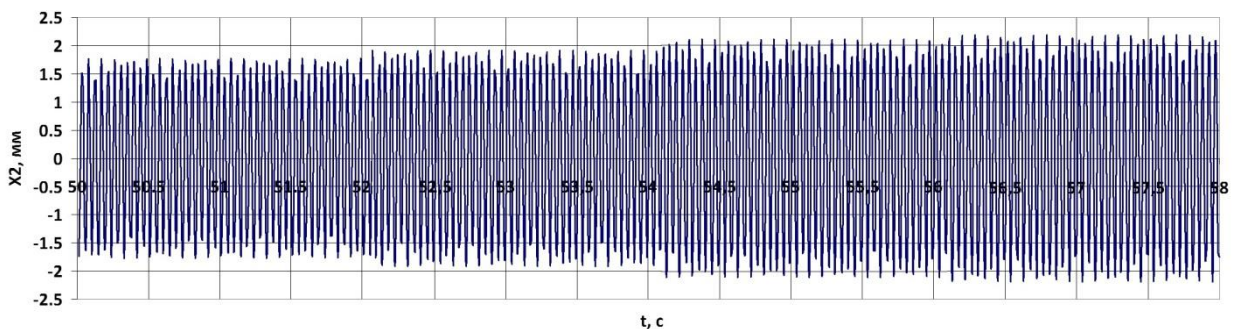


а

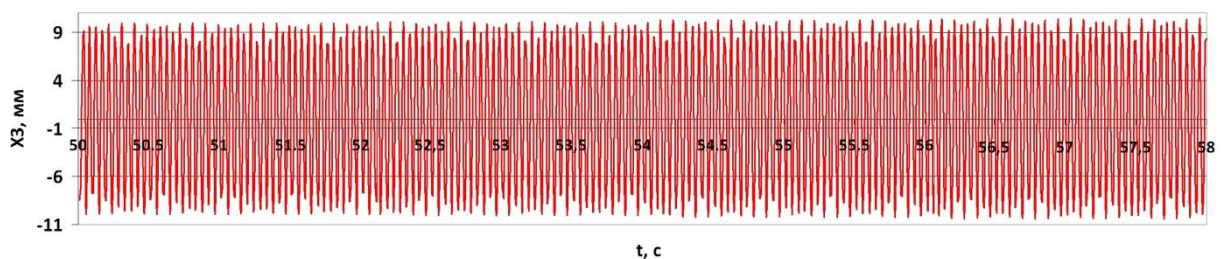


б

Рисунок 7. Віброграми коливань мас тримасної вібраційної шокової дробарки при роботі з матеріалом ( $f=16,7$  Гц,  $F=5482$  Н,  $c_2=529718$  Н/м):  
а – переміщення другої маси; б – переміщення третьої маси.



а



б

Рисунок 8. Віброграми коливань мас тримасної вібраційної шокової дробарки при роботі з матеріалом ( $f=22$  Гц,  $F=7158$  Н,  $c_2=529718$  Н/м):  
а – переміщення другої маси; б – переміщення третьої маси.

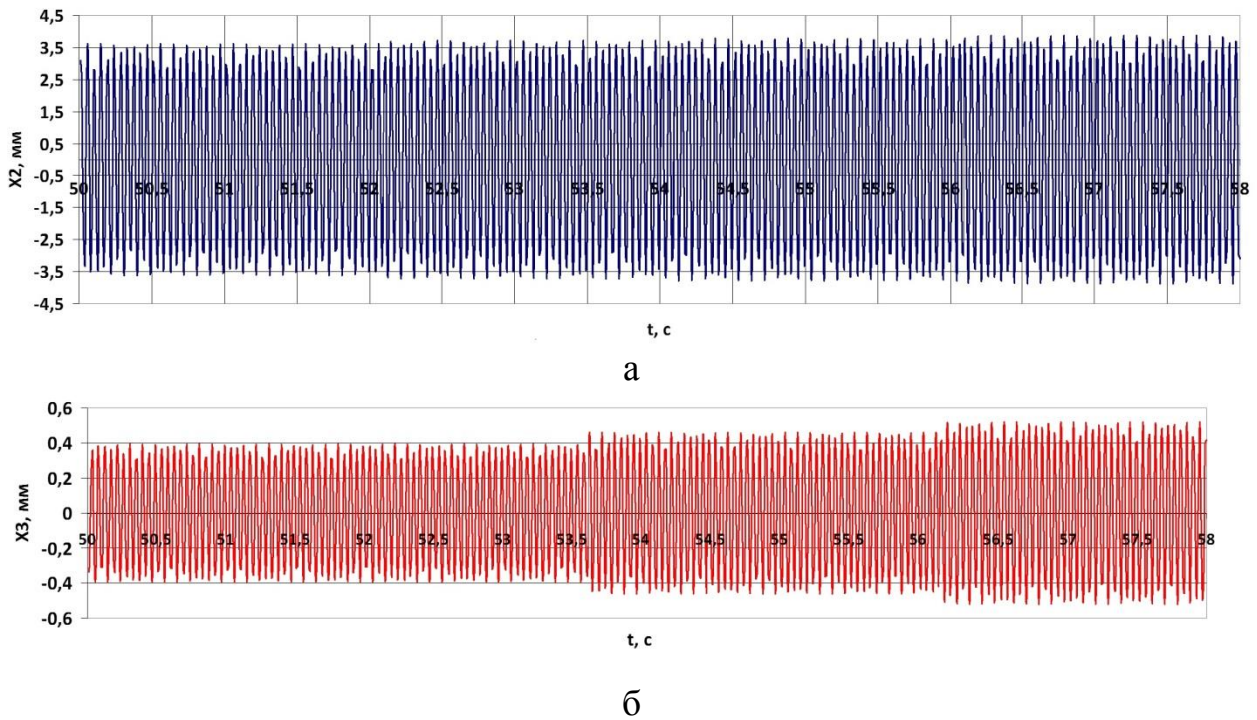


Рисунок 9. Віброграми коливань мас тримасної вібраційної шоквої дробарки при роботі з матеріалом ( $f=22$  Гц,  $F=7158$  Н,  $c_2=3538800$  Н/м):  
а – переміщення другої маси; б – переміщення третьої маси.

Віброграми вертикальних коливань корпусу машини представлені на рисунку 10.

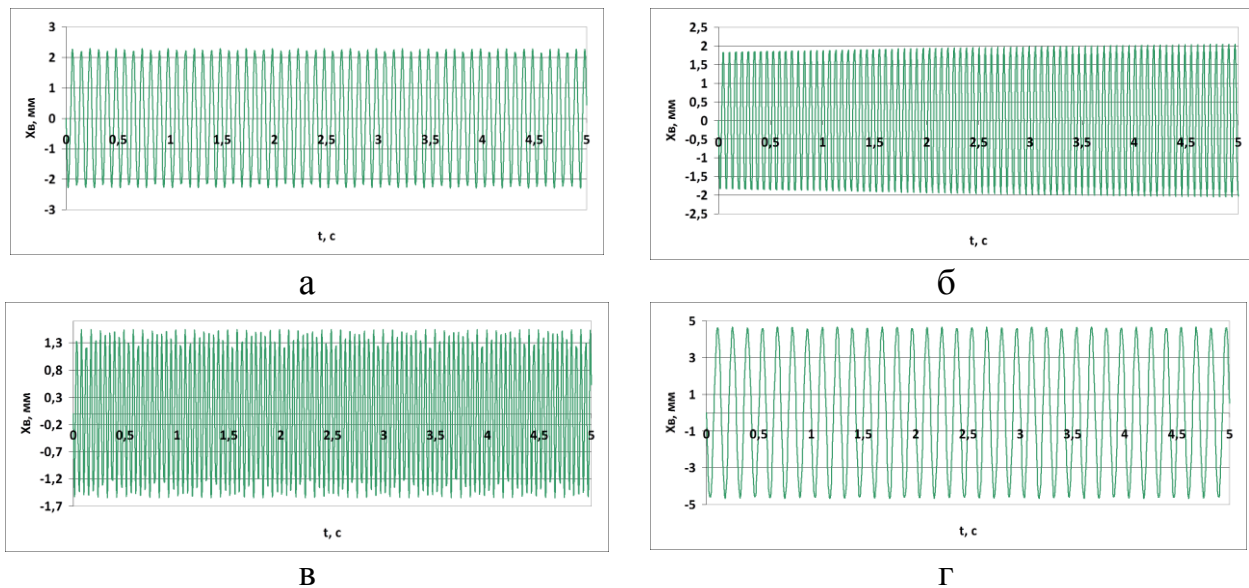


Рисунок 10. Віброграми вертикальних коливань тримасної вібраційної шоквої дробарки:  
а -  $f=12$  Гц,  $F=2840$  Н,  $c_{оп}=291764$  Н/м; б -  $f=16,7$  Гц,  $F=5482$  Н,  $c_2=291764$  Н/м; в -  $f=22$  Гц,  $F=7158$  Н,  $c_2=291764$  Н/м; г -  $f=7$  Гц,  $F=967$  Н,  $c_2=291764$  Н/м.

**Висновки.** Представлені результати експериментальних досліджень вібраційної шоквої дробарки показали, що робота дробарки в дорезонансній зоні, а також в околі першого резонансу є ефективною для подрібнення матеріалів з дуже низькою міцністю (до 40МПа) (4-9 Гц). Дослідження вертикальних коливань показали, що вони є найбільшими в до резонансній зоні, а саме в околі 7 Гц. При подрібненні матеріалів низької міцності в околі

частоти 7 Гц спостерігається підвищення продуктивності дробарки. Це можна пояснити високою вертикальною складовою коливань дробарки при частоті 7 Гц.

Найбільш ефективним діапазоном для подрібнення матеріалів з міцністю (40 – 70 МПа) є 16,7 – 24 Гц. В даному діапазоні спостерігаються найбільші переміщення мас дробарки з матеріалом та без матеріалу. В частотному діапазоні роботи дробарки  $f = 25-50$  Гц та при переході через другий резонанс спостерігаються наднормові переміщення мас дробарки при роботі без матеріалу та великі навантаження на елементи конструкції дробарки особливо на пружну систему  $c_2$  за умов роботи з матеріалом. Тому даний режим є ефективний при збільшенні значення жорсткості  $c_2$ . В нашому випадку  $c_2 = 3538800$  Н/м. При роботі дробарки між першим та другим резонансом оптимальне значення жорсткості лежить в околі значення  $c_2=529718$  Н/м.

### *Література*

1. Л.А. Вайсберг. Вибрационные дробилки. Основы расчета, проектирования и технологического применения /Вайсберг Л.А., Зарогатский Л.П., Туркин В.Я./ СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. 2004. 306 с.
2. В.С. Блохин, В.И. Большаков, Н.Г. Малич. Основные параметры технологических машин. Машины для дезинтеграции твердых материалов: пособие. ч.1 - Днепропетровск: ИМА-пресс. – 2006. – 404 с.
3. И.Ф.Гончаревич. Динамика горных машин с упругими связями /Гончаревич И.Ф., Докукин А.В./ Изд-во «Наука», 1975, 1-212.
4. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник / Фрайден Дж. [пер. с английского Ю.А. Заболотной]; под ред. Е.Л. Свинцова. – М.: Техносфера, 2005. – 589 с.
5. Мехеда В.А. Тензометрический метод измерения деформаций: учеб. пособие / В.А.Мехеда. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 56 с.
6. Аш.Ж. Датчики измерительных систем: В 2-х книгах Кн. 1, Пер. с франц. – М.: Мир, 1992. – 424 с., ил.
7. Джексон Р.Г. Новейшие датчики Москва: Техносфера, 2007. – 384 с.