

П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. — М.: Машиностроение, 1984. — 386 с. 5. Раймпель, Й. Шасси автомобиля [сокр. пер. I тома 4 нем. изд. В.П. Агапова; Под ред. И.Н. Зверева] / Й. Раймпель. — М.: Машиностроение, 1983. — 365 с. 6. Мешков, А. Автомобильные амортизаторы [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://catalog.autodela.ru/article/view/3428>. 7. Современные технологии амортизаторов, подвесок Bilstein [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://amortizator.in.ua/stati-pro-amortizatory/25-sovremennye-tehnologii-amortizatorov-podvesok-bilstein.html>. 8. Алямовский, А. А. SolidWorks/CosmosWorks 2006-2007. Инженерный анализ методом конечных элементов [Текст] / А. А. Алямовский — М.: ДМК, 2007. — 784 с. 9. Алямовский, А. А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, А. И. Харитонович, Н. Б. Пономарев. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 1040 с. 10. ВАЗ-2110, -2111, -2112 с двигателями 1,5, 1,5i, 1,6i. Устройство, обслуживание, диагностика ремонт. Иллюстрированное руководство. — М.: ООО «книжное издательство «За рулем», 2012. — 296 с.

Поступила в редколлегию 25.11.2013

УДК 629.017

**Моделирование движения элементов подвески Macpherson на примере автомобилей семейства ВАЗ 2110/ В. П. Савчук // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. — Х: НТУ «ХП», — 2013. - № 70 (1043). — С.27-34. — Бібліогр.: 10назв.**

В статті приведено результати моделювання руху елементів конструкції підвіски MacPherson передньопривідних автомобілів сімейства ВАЗ 2110 при наїзді на купину. Приведені значення лінійного переміщення, швидкості та прискорення елементів підвіски в залежності від жорсткості амортизатора.

**Ключові слова:** підвіска, амортизатор, жорсткість, модель.

Compliance with the stiffness of the suspension to the operating conditions ultimately has an impact not only on the technical and economic performance of vehicles, and for their safety. The solution to such problems as soon as possible for the front wheel drive cars, use suspension MacPherson, possibly with the use of solid modeling program set.

The article gives a solid model, and the results of modeling the motion of structural elements of the suspension MacPherson front wheel drive cars VAZ 2110 at hitting a bump. The values of linear displacement, velocity and acceleration of the suspension depending on the damper. These results demonstrate the feasibility of the implementation of optimization based on the stiffness of the suspension of the requirements of security and a comfortable ride.

**Keywords:** suspension, shock absorber, stiffness, model.

УДК 681.518.54:621.926.3

**Р. Б. СКРИП'ЮК**, канд. техн. наук, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

## **МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВАЛКОВОГО МЛИНА AG-MPS 180BK**

Розглядається номенклатура вертикальних валкових млинів, які використовуються для помелу вугілля при приготуванні пиловугільної суміші, що є заміником природного газу. Аналізуються розроблені методи діагностування робочих органів стосовно вертикального валкового млина AG-MPS 180BK фірми PFEIFFER: вібраційний метод, заснований на вимірюванні та аналізі вібраційних характеристик процесу помелу вугілля; методи параметричної ідентифікації за перехідною та уточненою перехідною характеристикою млина, а також метод непараметричної ідентифікації. Розглядається методика проведення промислової апробації розроблених методів діагностування стану робочих органів вертикального валкового млина AG-MPS 180BK на ВАТ «Івано-Франківськцемент» та наводяться отримані результати.

**Ключові слова:** вертикальний валковий млин, методи діагностування, промислова апробація.

© Р. Б. СКРИП'ЮК, 2013

**Вступ.** В останні роки помітна значна тенденція переходу енергоємних галузей промисловості України (хімічна, металургійна, цементна і ін.) на енергозберігаючі технології, які вимагають використання більш дешевих енергоносіїв, зокрема в цементній промисловості – низьких сортів вугілля, нафтового коксу, органічного осаду очисних споруд, торфу чи замість природного газу в технологічному процесі випалювання клінкеру, оскільки доля електроенергії і палива (природного газу) складає 65% собівартості цементу. Низькі сорти вугілля використовуються для приготування пиловугільної суміші, що є заміником природного газу. Приготування пиловугільної суміші є достатньо складним технологічним процесом, реалізація якого вимагає використання цілого ряду технологічного конструктивно-насиченого обладнання та системи управління ним. Зокрема для помелу вугілля та його осушування використовуються, як правило, вертикальні валкові млини. Сьогодні для цих цілей використовується вертикальні валкові млини різних фірм-виробників, кількість яких на світовому ринку є незначною.

Не зупиняючись на аналізі конструктивних особливостей млинів, їх технічних характеристиках відзначимо, що найбільш широкого розповсюдження набули млини типу PFEIFFRAG-MPS фірми «Гебрудер Пфайффер АГ» (Німеччина) [1, 2], млини фірми «Loesche GMBH» (Німеччина), принциповою конструктивною особливістю млинів фірми Loesche в порівнянні з іншими, представленими на ринку вертикальними млинами, є їх модульність [3], млини типу ОК [4], млини серії LM, що випускаються Шанхайським машинобудівним заводом «Шибан» [5], млини типу MBC для помольних установок систем вдування пиловугільного палива (ПВП) доменних печей, що випускаються ВАТ «Важмаш» [6] та млин АТОХ [4]. Основними вузлами вертикального валкового млина є його робочі органи - помольні валки та бігова доріжка помольної чаші. Від їх технічного стану залежить як надійність роботи млина, так і ефективність процесу помелу вугілля та якість вихідного продукту. Не дивлячись на відмічену номенклатуру вертикальних млинів та їх продуктивність питанням надійності та діагностування їх технічного стану в процесі експлуатації не надавалося значної уваги, про що свідчить відсутність наукових публікацій з цього приводу. У зв'язку з цим сьогодні відсутні методи, які дозволяють оцінити фактичний технічний стан робочих органів млина і проводити наплавлення їх зношених поверхонь за потребою. Існуючий метод вимірювання величини зношення робочих органів млина AG-MPS 180BK фірми PFEIFFR вимагає технологічної зупинки млина і, як було показано в [7], є недосконалим, оскільки отримані результати не відповідають реальним. У зв'язку з цим стосовно млина AG-MPS 180BK, який змонтовано на ВАТ «Івано-Франківськцемент», науковцями кафедри комп'ютерних технологій в системах управління та автоматики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу було розроблено ряд методів діагностування [8 – 11].

Так, в [8] розглянуті теоретичні передумови і запропонований практичний алгоритм реалізації методу контролю зносу робочих поверхонь помольних валків та бігової доріжки на основі вимірювання та аналізу вібраційних характеристик процесу помелу вугілля.

**Постановка проблеми.** Оскільки характер перехідної характеристики млина залежить від його динамічних характеристик, можна припустити, що зменшення маси помольних валків (ПВ) та бігової доріжки (БД) помольної чаші та обумовленої їх зносом, яке може сягати 600 кг, відобразиться на зміні перехідної характеристики,

тому останню можна прийняти за діагностичну ознаку (ДО) стану ПВ та БД [9]. Виходячи з цього було проведено визначення ДО стану ПВ та БД млина на основі методів параметричної ідентифікації перехідної характеристики. Проведена ідентифікація методом кратних коренів, яка була реалізована в середовищі Matlab у пакеті System Identification Toolbox, показала, що зміна сталої часу із періодом експлуатації млина має випадковий характер і не дозволяє використати цей показник як ДО [9]. В [10] було визначено ДО за уточненою перехідною характеристикою, отриманою шляхом одночасного її вимірювання по двом каналам «напруга на вході електроприводу млина-частота обертання його ротора» та «напруга на вході електроприводу млина-частота обертання привідного вала помольної чаші» з подальшим усередненням, що дозволило уточнити вхідний сигнал системи, яка підлягає ідентифікації. Розраховано, що система 3 порядку, яка підлягає ідентифікації, є оптимальною. З 16 моделей ідентифікації після проведеного їх аналізу були вибрані - P3DU, P3DZU та P3ZU. Згладжування вхідних сигналів методом локальної регресії другого порядку з шириною вікна рівною 30 дозволило підвищити степінь співпадіння розрахункових даних з експериментальними до 90...97%, і, тим самим, підвищити вірогідність визначення параметрів моделі. Проведені результати розрахунків показали, що один із параметрів  $Tp3$  – постійна часу однієї з ланок функції передачі систематично змінюється від менших до більших значень для моделей із затримкою, тому цей параметр було прийнято за діагностичну ознаку зміни технічного стану млина [10].

Враховуючи, що для ідентифікації може бути використана ділянка встановленого режиму перехідної характеристики, яка представлена випадковим процесом, в [11] було використано метод непараметричної ідентифікації для контролю технічного стану ПВ та БД, зокрема метод Уелча (Welch) - метод осереднення модифікованих періодограм. За допомогою функції PSD MatLab 6.5, яка реалізує метод Уелча, були визначені спектри потужності. При цьому використовувалось вікно Хемінга, довжина якого вибрана так, що з урахуванням перекриття 50 % сигнал розділяється на 8 фрагментів. Кількість перехідних характеристик використаних при проведенні ідентифікації стану млина становила 20. В результаті проведених експериментів було встановлено, що амплітуди спектральних складових на частоті 12 Гц і 25 Гц суттєво виділяються на загальному фоні і можуть бути вибрані як ДО стану млина, оскільки їх зміна відповідає зміні величини зношування його робочих органів [11].

Розглянемо результати промислової апробації розглянутих методів діагностування: вібраційного методу, методу параметричної ідентифікації за перехідною характеристикою - параметр  $Tp3$  моделі P3DZU та полюс моделі авторегресії  $P$ , а за результатами непараметричної ідентифікації – амплітуди спектральних складових на частоті 12 Гц –  $A_{f12}$  і 25 Гц -  $A_{f25}$ .

Апробація проводилася на вертикальному валковому млині типу MPS-180 ВК відповідно до розробленої, згідно договору з ВАТ «Івано-Франківськцемент» методикою. Методика передбачала:

після проведення наплавлення зношених поверхонь робочих органів проводити періодичне зняття перехідних характеристик за допомогою розробленої мікроконтролерної системи діагностування з подальшим розрахунком значень вибраних діагностичних ознак в середовищі Matlab у пакеті System Identification Toolbox;

проведення запису вібраційного процесу в діапазоні частот 40 – 120 Гц, його аналіз з подальшим розрахунком масової величини зносу робочих органів відповідно до розробленого алгоритму вібродіагностування робочих органів млина, який реалізується розробленою мікроконтролерною системою;

періодичне вимірювання величини зносу робочих органів за стандартною методикою до моменту зупинки млина для проведення наплавлення поверхонь робочих органів.

Апробація проводилася протягом шести місяці. Перехідні характеристики знімалися за допомогою розробленої системи контролю шляхом зупинки млина з подальшим його пуском, після чого проводилося також отримання експериментальних даних для подальшого розрахунку масового зносу робочих органів за їх вібраційними характеристиками.

Так, для прикладу на рис. 1 наведено загальний вигляд вхідного сигналу в часі.



Рис. 1 – Вигляд сигналу, що надходить на вхід мікроконтролерної системи діагностування

Загальний спектральний вигляд вхідного сигналу в часі, наведений на рис. 2. Тут кольором позначена інтенсивність спектральних складових (світлий колір відповідає значній інтенсивності, темний – слабким спектральним складовим). В напрямку осі абсцис відкладений час, в напрямку осі ординат – частота. Детальний спектр робочого сигналу на вході системи діагностування має наступний вигляд (рис. 3):



Рис. 2 – Спектральний вигляд сигналу, що надходить на вхід мікроконтролерної системи діагностування

Після проходження аналогового фільтра в системі діагностування робочий сигнал набуває вигляду (рис.4):

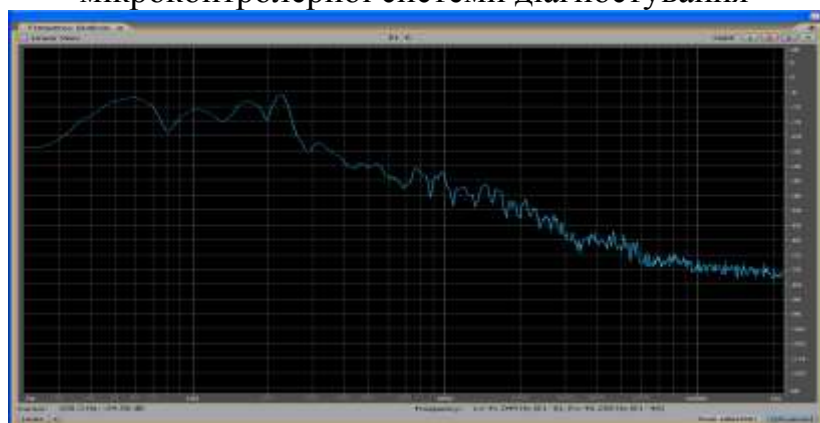


Рис. 3 – Детальний спектр вхідного сигналу в логарифмічному масштабі

Після проходження аналогового фільтра в системі діагностування робочий сигнал набуває вигляду (рис.4):

Спектр отриманого відфільтрованого вхідного сигналу наведено на рисунку 5.

Далі проводилась реалізація алгоритму визначення вагової величини зносу робочих поверхонь з використанням розробленої мікроконтролерної системи діагностування. За отриманими через визначений період контролю, який в середньому складав один тиждень, даними будувався графік (рис. 6).

На цьому ж рис. 6 (a2) наведено графік зміни величини зносу робочих органів ВВМ, отриманих за стандартною методикою (табл.1) з врахуванням поправочних коефіцієнтів для визначення його масової величини.

Як видно з отриманих графіків, отримані значення масової величини зносу за розробленим методом відповідають характеру зміни його фактичних значень.

На рис. 7 – 10 наведені графіки зміни вибраних діагностичних ознак технічного стану млина від періоду експлуатації його (апробації).

Як видно з графіків (рис.7 – 10) тенденція зміни діагностичних ознак



Рис. 4 – Відфільтрований системою діагностування вхідний сигнал

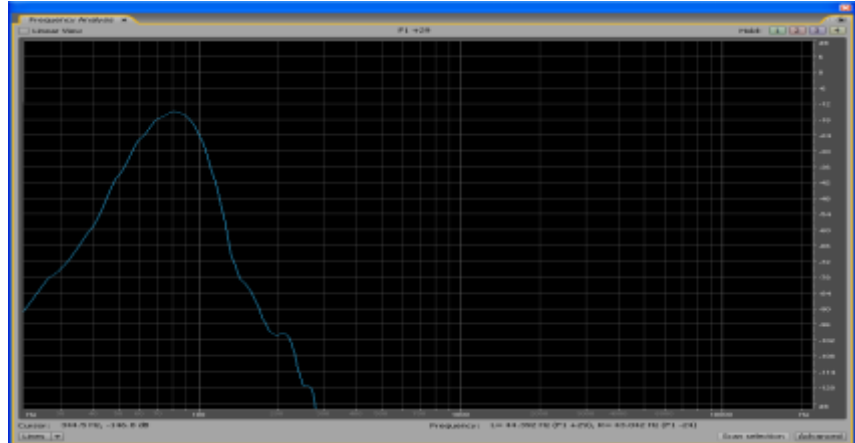


Рис.5 – Спектр фільтрованого сигналу в логарифмічному масштабі

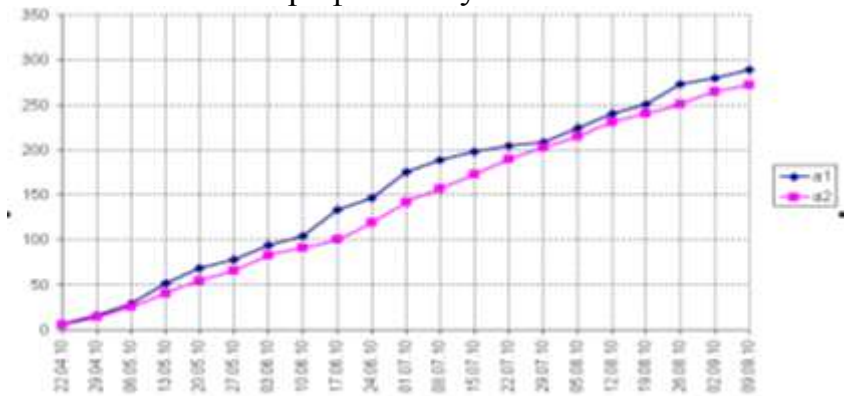


Рис. 6 – Порівняльний аналіз масового зносу робочих поверхонь ВВМ: а1 –результати вимірювання за допомогою розробленої системи; а 2 – результати вимірювань величини зносу за стандартною методикою

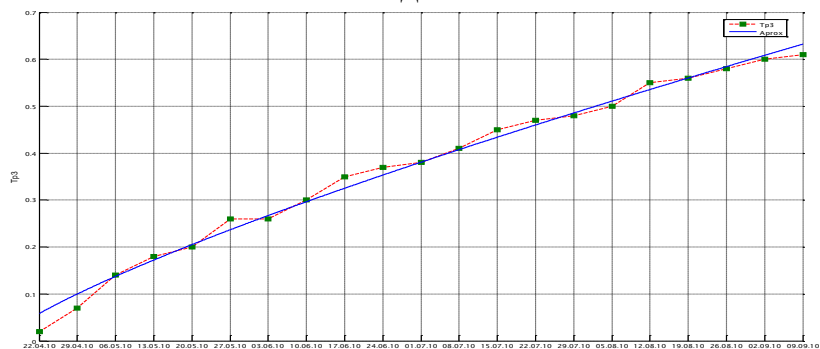


Рис. 7 – Графіки зміни діагностичної ознаки  $Tr3$  від терміну експлуатації ВВМ  $T$

відповідає зміні величини зносу робочих органів млина.

Таблиця 1 – Результати зношення валків і бігової доріжки помольної чаші млина

Дата	Величина зношення “заднього” валка (мм) в точках вимірювання											Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
20.04.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка
08.06.10	0	0	0	5	10	8	6	4	4	0	0	
02.07.10	0	0	3	8	19	13	8	9	6	3	0	
30.07.10	0	2	4	9	23	14	9	9	7	4	1	
01.09.10	0	4	5	11	25	16	11	10	8	8	3	
16.09.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка
Дата	Величина зношення “правого” валка (мм) в точках вимірювання											Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
20.04.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка
08.06.10	0	0	0	6	5	5	2	2	0	0	0	
02.07.10	0	6	4	6	8	14	6	3	0	0	0	
30.07.10	0	1	4	10	19	15	6	4	2	0	0	
01.09.10	0	3	5	12	21	19	11	8	6	3	0	
16.09.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка
Дата	Величина зношення “лівого” валка (мм) в точках вимірювання											Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
20.04.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка
08.06.10	0	0	0	5	10	0	6	3	3	2	0	
02.07.10	0	2	4	5	16	2	8	4	3	4	0	
30.07.10	1	4	5	10	24	12	13	6	6	4	0	
01.09.10	2	6	5	12	25	14	17	8	7	5	0	
16.09.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка
Дата	Величина зношення бігової доріжки помольної чаші (мм) в точках вимірювання											Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
20.04.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка
08.06.10	0	2	6	9	10	8	0	3	0	0	0	
02.07.10	0	2	6	9	12	9	0	6	6	0	0	
30.07.10	0	5	7	14	17	12	6	7	6	2	0	
01.09.10	0	6	7	15	20	16	9	10	8	4	0	
16.09.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка

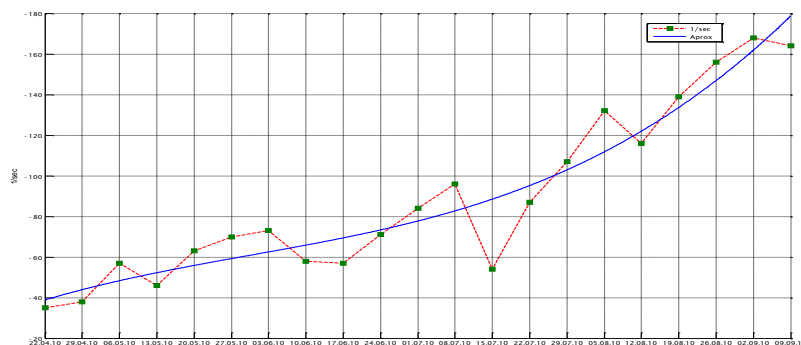


Рис. 8 – Графік зміни діагностичної ознаки  $\Pi$  від терміну експлуатації млина  $T$

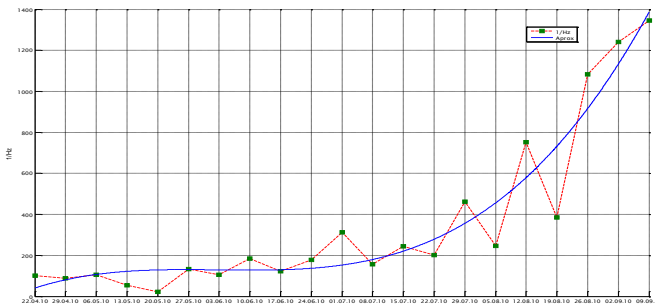


Рис. 9 – Графіки зміни діагностичних ознак на частоті  $A_{f12}$  Гц від терміну експлуатації млина  $T$

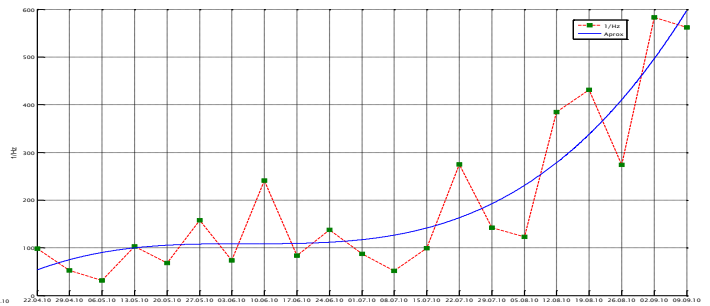


Рис. 10 – Графіки зміни діагностичних ознак на частоті  $A_{f25}$  Гц від терміну експлуатації ВВМ  $T$

**Висновок.** Результати проведеної апробації розроблених методів доказали їх ефективність.

Для визначення умов працездатності розроблених методів діагностування технічного стану млина за вибраними діагностичними ознаками та функцій їх чутливості необхідно знати граничні значення вибраних діагностичних ознак, за якими можна буде прогнозувати зупинку млина. Встановлення граничних значень діагностичних ознак вимагає значної кількості експериментального матеріалу, база якого постійно поповнюється.

**Список літератури:** 1. Christian Pfeiffer более 80 лет опыта в технологиях помола. Цемент и его применение: научно-технический и производственный журнал, СПб - 2008г. N 5. С.22-23. 2. Помольное оборудование компании GEBR. PFEIFFER AG. Цемент и его применение: научно-технический и производственный журнал, СПб - 2008г. N 5. - С.19. 3. Валковые мельницы LOESCHE. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n\\_id=6664](http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=6664) – Валковые мельницы LOESCHE. 4. Вертикальная валковая мельница ОК [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.flsmidth.com/ruRU/Products/Cement/Cement+Grinding/Grinding/OK+Vertical+Roller+Mill/OK+Vertical+Roller+Mill> - Вертикальная валковая мельница ОК. 5. Вертикальная мельница [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mill.kz/mill/lm-mill.html> - Вертикальная мельница. 6. Мельница валковая среднеходная типа МВС [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://tyazhmash.com/products/powerhouse/mill-roller-mvs/> - Мельница валковая среднеходная типа МВС. 7. *Заміховський Л. М., Скрип'юк Р. Б.* Дослідження зношення робочих органів вертикального валкового млина MPS 180 ВК// Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - 2008. №72 С. 34-39. 8. *Заміховський Л. М.* Метод контролю технічного стану вертикального валкового млина AG MPS 180 ВК за його вібраційними характеристиками / *Л. М. Заміховський, Р. Б. Скрип'юк, В. А. Ровінський* // Нафтогазова енергетика. – Івано-Франківськ, 2010. – №1(12). – С. 138–142. 9. *Заміховський Л. М.* Розгінна характеристика вертикального валкового млина PFEIFFER AG - MPS 180BK як діагностична ознака технічного стану його робочих органів / *Л. М. Заміховський, Р. Б. Скрип'юк* // Нафтогазова енергетика.- Івано-Франківськ, 2010. – № 2(13). – С. 87–92. 10. *Заміховський Л. М.* Вибір діагностичної ознаки технічного стану робочих органів вертикального валкового млина MPS 180BK на основі методу його параметричної діагностики за уточненою перехідною характеристикою / *Л. М. Заміховський, Р. Б. Скрип'юк* // Вісник НТУ «ХПІ». Харків, 2010. – № 57. – С. 133–140. 11. *Заміховський Л. М.* Використання методу непараметричної ідентифікації для діагностування технічного стану робочих органів вертикального валкового млина AG-MPS 180 ВК / *Л. М.Заміховський, Р. Б. Скрип'юк* //Вісник нац. тех. ун-ту «ХПІ»: збірник наукових праць. – Харків, 2009. – № 37. – С. 89 – 93.

*Надійшла до редколегії 07.11.2013*

УДК 681.518.54:621.926.3

**Методи діагностування технічного стану вертикального валкового млина AG-MPS 180BK/ Р. Б. Скрип'юк** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.34-41. – Бібліогр.: 11 назв.

Рассматривается номенклатура вертикальных валковых мельниц, используемых для помола угля при приготовлении пылеугольной смеси является заменителем природного газа. Отмечается отсутствие публикаций, посвященных вопросам надежности и технической диагностики рабочих органов вертикальных валковых мельниц - помольных валков и беговой дорожки помольной чаши в процессе эксплуатации. Анализируются разработанные методы диагностирования рабочих органов относительно вертикальной валковой мельницы AG - MPS 180BK фирмы PFEIFFER: вибрационный метод, основанный на измерении и анализе вибрационных характеристик процесса помола угля, методы параметрической идентификации по переходной и уточненной переходной характеристикой мельницы, а также метод непараметрической идентификации. Рассматривается методика проведения промышленной апробации разработанных методов диагностики состояния рабочих органов вертикальной валковой мельницы AG - MPS 180BK на ОАО «Ивано-Франковскцемент» и приводятся полученные результаты.

**Ключевые слова:** вертикальная валковая мельница, методы диагностирования, промышленная апробация.

The range of the vertical roller mills used for grinding coal in the preparation of pulverized mixture is a substitute for natural gas is considered. The lack of publications on the issues of reliability and technical working diagnosis of vertical roller mills - grinding rolls and treadmill preconceived milling blends bowl during operation is noticed. The developed methods for diagnosing working bodies in relation to the vertical roll mill AG-MPS 180BK of company PFEIFFER: vibrating method based on the measurement and analysis of vibration characteristics of coal grinding process, methods of parameter identification for transition and specified transient response of the mill, and the method of nonparametric identification are analyzed. The methods of industrial testing of the developed methods of diagnostics of operating vertical roll mill AG-MPS 180BK OJSC "Ivano-FrankivskCement" are considered and the results are shown.

**Keywords:** vertical roll mill, methods of diagnosis, industrial testing.

## УДК 621.74

*М. С. УСИКОВ*, магистр, НТУ «ХПИ»

### ОСВОЕНИЕ НОВОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ ОТЛИВОК НА ЭТАПЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье описаны мероприятия по освоению новых отливок на этапе технического перевооружения литейного производства. В качестве примера нескольких технических решений показана технология отливки «тормозной барабан» в условиях модернизации формовочного участка литейного цеха.

**Ключевые слова:** техническое перевооружение, отливка, формовочная машина.

**Введение.** В современных условиях жесткой конкуренции продукции литейного производства первоочередного решения требуют задачи глубокой модернизации литейных цехов, большинство из которых было построено в середине прошлого века. Моральный и физический износ оборудования литейных цехов сегодня таков, что практически не представляется возможным конкурировать с иностранными предприятиями по качеству литья. Более того, рынок требует от предприятий, в которых функционируют литейные цеха, быстрого освоения новых отливок с заданным комплексом свойств. Складывающаяся таким образом ситуация требует решать параллельно двух задач – собственно модернизации и быстрого освоения технологии новых отливок, не входящих в типовую номенклатуру литейного цеха. Именно поэтому научные исследования, направленные на данную

© М. С. УСИКОВ, 2013