

А. М. АРЗАМАСЦЕВ, * А. Ю. ЛЕДНОВ, ** А. В. ПОПОВ,
* Г. Ю. САВЧЕНКО, * Ю. И. САВЧЕНКО

ООО «ДМА»

* ФГБОУ ВПО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Г. И. Носова»

** ООО «ЕвроСтандарт»

Магнитогорск, Россия

Доменная печь – непрерывно действующий агрегат шахтного типа, течение процесса в котором основано на противотоке шихтовых материалов и горячих газов. Профиль доменной печи (рис. 1), ограничивающий ее рабочее пространство, так называемый «полезный объем», является важнейшей частью конструкции печей. Создание рационального профиля позволяет достичь устойчивого режима работы (ровного хода) доменной печи. Условия ровного хода достигаются строго регламентированным технологическим графиком производства – от складирования шихтовых материалов и загрузки их в печь до выпуска продуктов плавки, четкой работы оборудования в соответствии с правилами технической эксплуатации, техники безопасности и организации производства. Несоблюдение технологии приводит к существенным изменениям в профиле доменной печи: возникновению в огнеупорной кладке (футеровке) выбоин, разгаров профиля и образованию настывлей. Выбоины и неравномерный разгар профиля приводят к развитию периферийного хода, что отражается на устойчивости работы доменной печи. Особенно отрицательно на ровности хода сказывается образование настывлей.

Поскольку восстановить профиль доменной печи весьма сложно, возрастает роль контроля состояния футеровки. Для диагностики состояния слоев футеровки предложено множество методов [1].



Рис. 1. Профиль доменной печи

Теплотехнический метод – заключающийся в построении математической модели температурного поля внутри доменной печи. Для реализации этого метода проводят контроль тепловых нагрузок на холодильники, закладку термопар в кладку доменной печи, контроль температуры кожуха доменной печи.

Радиационный метод – для реализации метода производится закладка радиоактивных изотопов в кладку доменной печи и по радиоактивному излучению чугуна судят о том, какие блоки разрушились.

Аналитический метод – для обеспечения работоспособности метода контролируют материальный и тепловой баланс доменного процесса.

Метод *взятия керн*а – производят бурение кладки доменной печи, в процессе бурения измеряют температуру. По результатам анализа керн а и температурам судят об износе футеровки доменной печи.

Применение этих методов предполагает определенные мероприятия ещё при строительстве домны.

В последнее время все больший интерес вызывают акустические методы контроля. Основные проблемы, возникающие при использовании эхо-методов – многослойность кладки, высокое затухание, большие температурные градиенты, изменение физических свойств материалов футеровки при воздействии высоких температур и агрессивной среды. В [2] приведены результаты сравнения эхо-метода с результатами анализа кернов.

В 2005 г. была предложена резонансная методика диагностики состояния футеровки. Согласно модели доменная печь представляет собой многослойную структуру с различными толщинами и акустическими свойствами. При нарушении целостности футеровки возникают новые слои, а при разрушении слои исчезают. Каждый слой можно характеризовать входным импедансом слоя $Z_{\text{вх}}$ [3], величина которого зависит от импедансов среды Z_1 и слоя Z_2 и набега фазы акустической волны в слое, которая, в свою очередь, определяется толщиной слоя d и скоростью волны c_2 .

$$Z_{\text{вх}} = Z_2 (Z_1 - iZ_2 \operatorname{tg}(\omega d/c_2)) / (Z_2 - iZ_1 \operatorname{tg}(\omega d/c_2)). \quad (1)$$

При наличии большего числа слоев, применяя формулу (1) для каждого слоя, рассчитывается коэффициент пропускания слоистой структуры. Зависимость коэффициента пропускания от частоты звука носит резонансный характер. Значения частот, при которых наблюдаются максимумы, соответствуют установлению стоячих акустических волн в слоях.

На рис. 2 приведены расчетный и экспериментальные спектры колебаний на кожухе доменной печи. Наличие в экспериментальном спектре множества дополнительных, по сравнению с расчетным, резонансных частот говорит о наличии акустических шумов. Основные пики соответствуют характерным размерам слоев футеровки. Методика была апробирована на предприятиях России, Украины и Дальнего зарубежья.

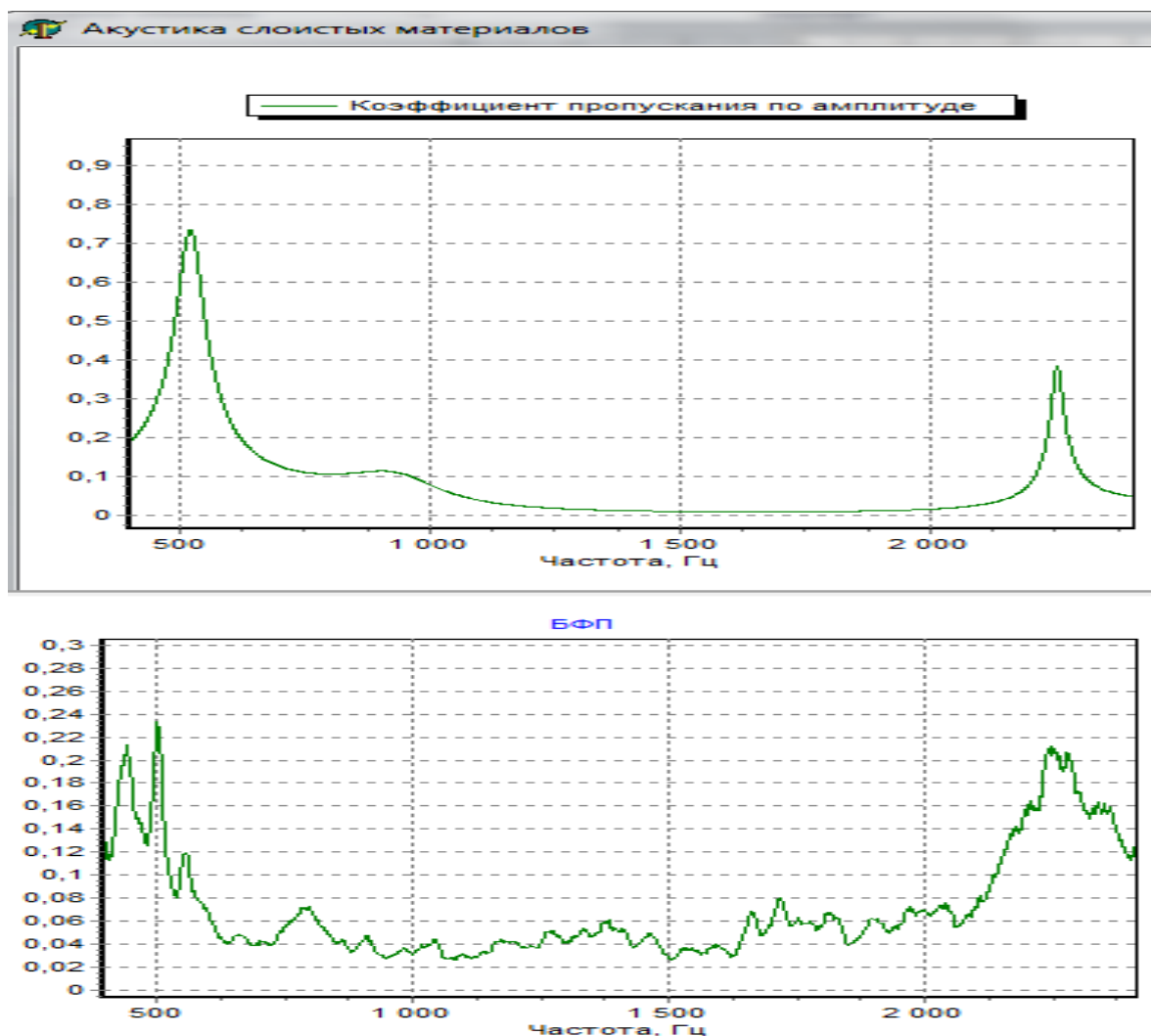


Рис. 2. Расчетный и реальный спектры колебаний на кожухе доменной печи

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акустическая модель футеровки доменной печи для реализации метода собственных колебаний [Электронный ресурс] / Ю. И. Савченко [и др.]. – 2013. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/28_NPM_2013/Tecnic/1_145463.doc.htm.
2. Comparing the Accuracy of Acousto Ultrasonic-Echo (NDT), Finite Element Analysis (FEA), and Drilling When Obtaining a Blast Furnace Refractory Lining Wear Profile. / Sadri Afshin [etc.] // AISTech. – 2009. – Proceedings, Vol. I. – 271 p.
3. **Бреховских, Л. М.** Акустика слоистых сред / Л. М. Бреховских, О. А. Годин. – М. : Наука, 1989 – 416 с.