



*The harmonic components of the arc pressure are investigated on blast steel furnace-1,2. The period of the furnace heaping by means of amplitude of odd harmonics of the arc pressure is determined.*

А. И. РОЖКОВ, В. В. КОРОТКЕВИЧ, РУП «БМЗ»

УДК 621.74

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПОДВАЛКИ ПЕЧИ С ПОМОЩЬЮ АМПЛИТУДЫ НЕЧЕТНЫХ ГАРМОНИК НАПРЯЖЕНИЯ ДУГИ

В настоящее время для контроля за дуговой плавкой (определения стадий плавки) на РУП «БМЗ» в основном учитываются расход электроэнергии, время работы печи, замеры температуры и пробы металла, а также опыт и субъективное мнение сталевара. Однако эти показатели не всегда являются точными технологическими факторами, поскольку они зависят от изменяющихся параметров — массы и состава шихты, качества футеровки, работы топливных горелок и кислородной фурмы и непредвиденных обстоятельств по ходу плавки.

С этой целью были проведены исследования на ДСП- 1, 2 гармонических составляющих напряжения дуги. При помощи системы регулирования электродов Simelt были получены графики суммы всех четных и нечетных гармоник. Анализ суммарных нечетных гармоник показал, что наибольшую амплитуду нечетные гармоники имеют при горении на твердую шихту (рис. 1). В это время длины дуг и амплитудные значения электрических величин непрерывно и резко колеблются, дуги горят неустойчиво, а фазные нагрузки асимметричны.

Но с течением времени при нагреве металла, выходе на жидкий металл значение амплитуды нечетных гармоник уменьшается, колебание электрических величин значительно снижается. Из рис. 1 видно, что расплавление корзины массой 55 т произошло за 16,5–17,0 мин. Хотя минимальное значение нечетных гармоник и их колебания наблюдалось на 14,5–15,0 мин с начала плавки, что дает возможность определить точно время подвалки следующей корзины, вслед-

ствие чего уменьшатся время плавания, угар металла и расход электроэнергии.

При попадании в зоны дуг кусков лома (при их обвалах), шлакообразующих и других материалов нарушается ровное горение дуг, из-за чего значение амплитуды гармоник начинает расти. По мере растворения материалов дуги стабилизируются, а значение амплитуды гармоник уменьшается.

После подвалки второй и третьей корзин (рис. 2) значения нечетных гармоник в целом повторяются, но с другим временным масштабом.

На основании этого можно сделать вывод, что значение амплитуды нечетных гармоник уменьшается при возрастании температуры металла в печи.

В настоящее время основными целями для оптимального управления плавкой является прогноз текущего состава продуктов плавки и температуры.

Известно что для управления технологическим процессом выплавки стали в ДСП-1, 2 на РУП «БМЗ» используется автоматизированная

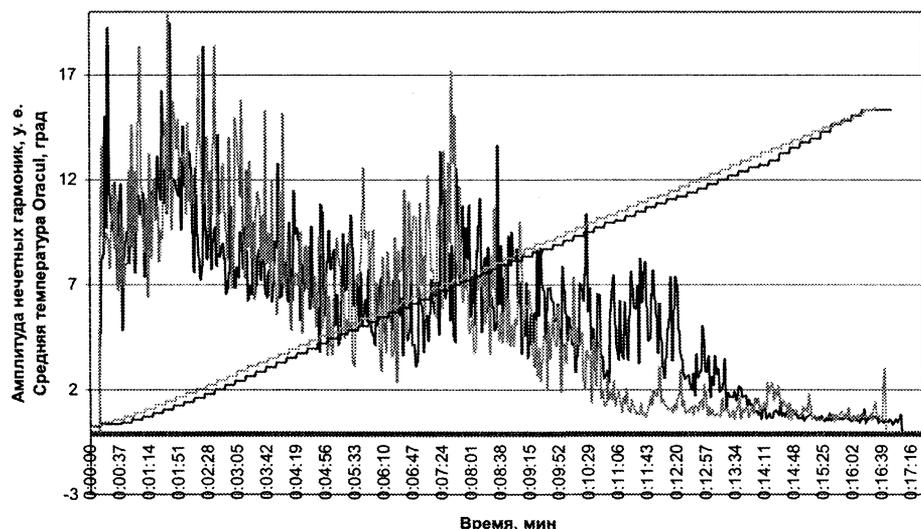


Рис. 1. Значение амплитуды нечетных гармоник на плавках №14577, 14579 (первая корзина массой 55 т)

система управления технологическим процессом выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи, разработанной на базе физико-химической модели Гиббс ORACUL. Система выполняет расчет средней температуры системы по известному составу шихтовых материалов, шлакообразующих, кислорода, аргона, введенной энергии. На основании известной средней расчетной температуры мы пытались установить связь со значением амплитуды суммарных нечетных гармоник.

Значения амплитуды суммарных нечетных гармоник обрабатывали в Mathcad полиномиальной регрессией и интерполяцией при помощи параболы  $k=4$ -й степени:  $S(t) = a + bt + ct^2 + dt^3 + \dots + ht^k$ . После чего получили при помощи функции вида  $T_{rs}(t) = -K(bt + ct^2 + dt^3 + \dots + ht^k)$  кривую температуры, которую сравнивали с расчетной средней температурой, рассчитываемой в Oracle (рис. 3).

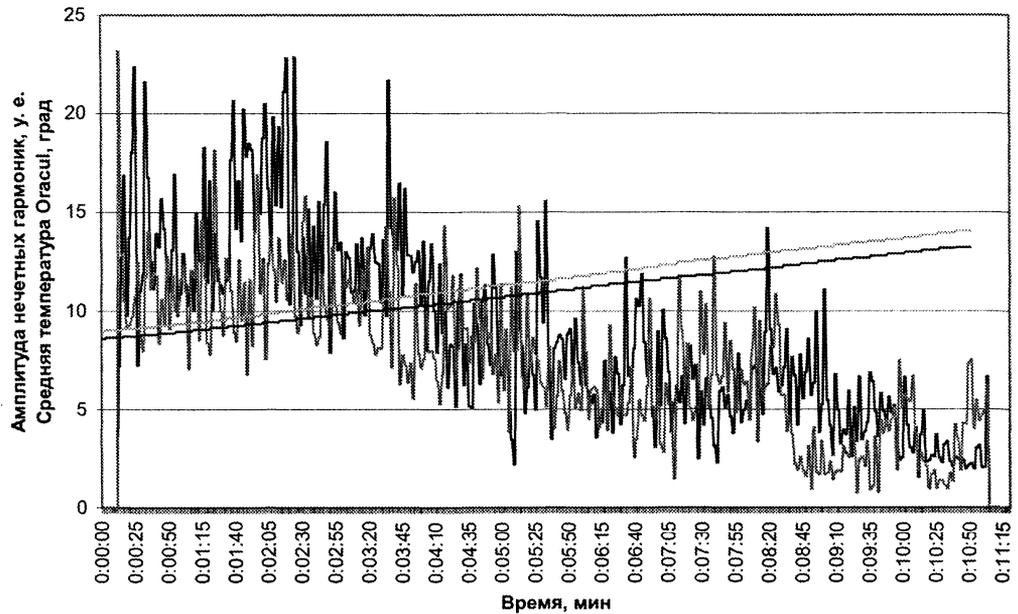


Рис. 2. Значение амплитуды нечетных гармоник на плавках №14577 (вторая корзина массой 50,7 т), №14579 (вторая корзина массой 45 т)

Статистическое исследование массива плавок показало, что вывести определенную зависимость для всех плавок не удалось. Это связано, скорее всего, с материалом шихты, ее массой на корзину. Но при достижении уровня значений нечетных гармоник 0,6–0,7 у. е. для первой корзины и 1,3–1,4 у. е. для второй корзины можно говорить о том, что температура металла в печи достигла порядка 1500–1600 °С.

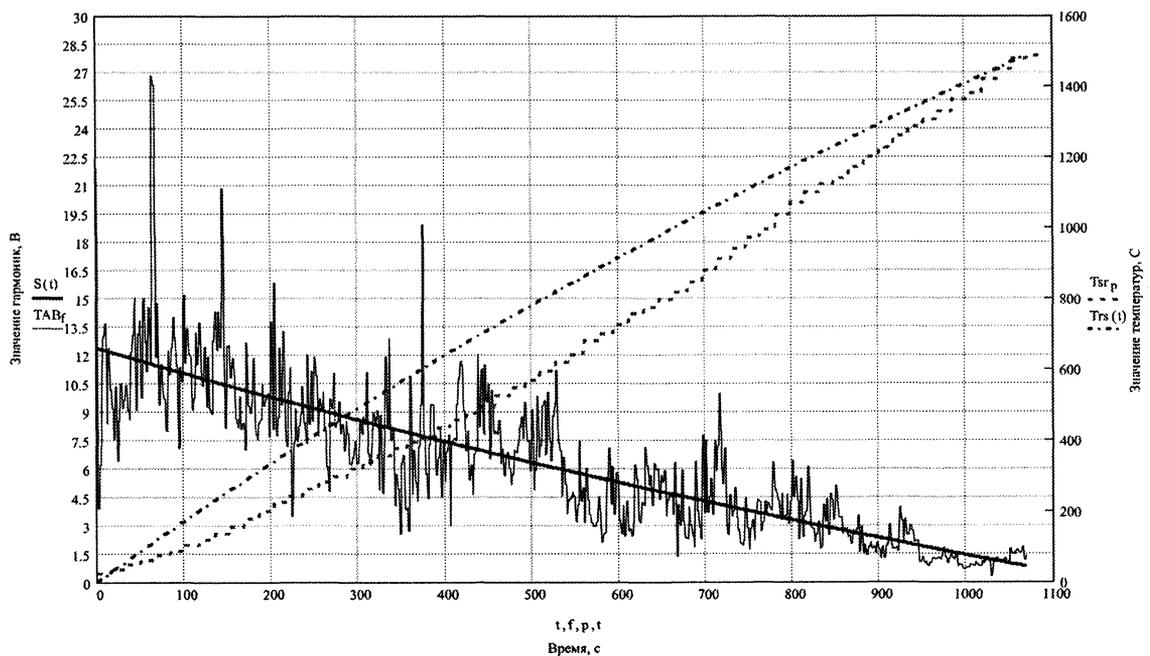


Рис. 3. Значение амплитуды нечетных гармоник  $TAB_f$ , ее аппроксимация параболой  $S(t)$ , расчетной температуры  $T_{rs}(t)$  и средней температуры по ORACUL  $T_{sr_p}$  на плавке №14584 (первая корзина массой 60,8 т)