

# МЕТОД АНАЛИЗА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ФУТЕРОВОК НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Некрасова И.С. (ИТТ-10м) \*

Донецкий национальный технический университет

Парк термических и нагревательных печей, установленных на заводах стран бывшего СССР, представлен в основном старым оборудованием с «тяжелой» футеровкой, которое в свою очередь не обеспечивает требуемой технологической точности, не соответствует современным требованиям безопасности, не позволяет вести термическую обработку на качественно новом уровне с минимальными расходами энергоносителей. Для большинства отечественных агрегатов удельный расход топлива на нагрев металла под прокатку равен 120 кг.усл.топл./т, в то время как при равных условиях в иностранной практике приводятся сведения об удельном расходе топлива порядка 40 кг.усл.топл./т. Одним из вариантов замены печного оборудования, является его комплексная модернизация, включающая в себя замену футеровки, горелок и печной автоматики. Это позволит снизить расход топлива при эксплуатации парка печей и термического оборудования, тем самым уменьшить тепловые потери рабочих камер агрегатов. Вопрос сокращения расхода топлива решается за счет уменьшения теплопотерь рабочей камеры печи. Одним из вариантов решения этой задачи является использования современных керамоволокнистых материалов для изоляции камер печей.

Волокнистые теплоизоляционные материалы за последние годы превратились в основной материал энергосберегающих технологий. Уникальные свойства таких материалов позволяют эффективно заменить или дополнить традиционные футеровочные формованные материалы. Их использование мотивировано значительным снижением массы футеровки и, следовательно, необходимостью расходования большего количества тепла на прогрев футеровки. Если сравнивать традиционные и современные теплоизоляционные материалы, то первые имеют относительно высокий коэффициент теплопроводности 0,8-1,5 Вт/(м·К) и сравнительно высокую плотность 2000-2900 кг/м<sup>3</sup>, а коэффициент теплопроводности вторых 0,1-0,2 Вт/(м·К), плотность 100-200 кг/м<sup>3</sup>. Поэтому применение керамоволокнистых материалов из-за существенного снижения их массы позволяет более, чем в 100 раз снизить расход тепла на аккумуляцию футеровкой, что практически исключает ее инертность. В ряде случаев применение керамоволокна позволяет экономить порядка 40 % топлива.

В данной работе предложена методика для анализа эффективности реконструкции футеровки нагревательных и термических печей с использованием керамоволокнистых материалов.

---

\*Руководитель- кандидат техн. наук, доцент ДонНТУ Бирюков А.Б.

Рассматривается вариант реконструкции, базирующийся на нанесении слоя керамоволокнистых материалов на базовую футеровку агрегата. При этом достигается снижение теплотерь через футеровку агрегата и сокращается количество аккумулированного тепла, так как керамоволокнистые материалы имеют пористую структуру и соответственно низкую плотность, а среднemasсовая температура базовой футеровки становится ниже.

Сущность методики заключается в сравнении тепловых потерь через футеровку агрегата до и после реконструкции.

Тепловые потери через футеровку агрегата до реконструкции вычисляются как:

$$Q_{до рек} = \frac{\Delta t}{R_{\Sigma}} \cdot F,$$

где  $\Delta t$  – средний по длине печи температурный перепад, °C;  $F$  – площадь внутренней поверхности футеровки, м<sup>2</sup>;  $R_{\Sigma}$  – итоговое термическое сопротивление на пути тепла через футеровку печи (сумма термических сопротивлений конвективной и лучистой отдачи тепла от газов к внутренней поверхности футеровки, теплопроводности через слой (слои) футеровки, конвективной и лучистой теплоотдаче от наружной поверхности футеровки в окружающую среду, К·м<sup>2</sup>/Вт);

Тепловые потери через футеровку агрегата после реконструкции вычисляются как:

$$Q_{после рек} = \frac{\Delta t}{R_{\Sigma} + \frac{\delta_n}{\lambda_n}} \cdot F,$$

где  $\delta_n$  – толщина добавленного слоя футеровки, м;  $\lambda_n$  – коэффициент теплопроводности материала добавленного слоя футеровки, Вт/(м·К);

Выполняя ряд преобразований, получим зависимость термического сопротивления добавленного слоя керамоволокнистого материала от требуемой относительной экономии топлива:

$$R_m^{доб} = \frac{\delta_n}{\lambda_n} = \frac{\Delta Q_{ec} \left( m \cdot c \cdot \Delta t_{нагр} + \frac{\Delta t \cdot F}{R_{\Sigma}} \right) \cdot R_{\Sigma}^2}{\Delta t \cdot F - \Delta Q_{ec} \cdot m \cdot c \cdot \Delta t_{нагр} \cdot R_{\Sigma} - \Delta Q_{ec} \cdot \Delta t \cdot F},$$

где  $\Delta Q$  – разницa теплотерь агрегата до и после реконструкции, Вт;  $m$  – производительность агрегата по нагреву материала, кг/с;  $c$  – средняя теплоемкость нагреваемого материала, посчитанная для диапазона температур тепловой обработки, Дж/(кг·К);  $\Delta t_{нагр}$  – изменение среднemasсовой температуры материала в процессе тепловой обработки, °C;  $\Delta Q_{ec}$  – относительная экономия топлива, Вт.

Вывод: Разработаны зависимости для анализа эффективности реконструкции футеровки печей, позволяющие определять требуемую величину добавленного сопротивления для достижения заданной экономии топлива.