

МАРКИН А.Д., ДАНИЛЬЧЕНКО Т.А. (ДОНГТУ), ДУМБУР Р.С.  
(«ЧЕРМЕТАВТОМАТИКА»)

## **ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

*Рассмотрены методические аспекты идентификации объектов управления технологических процессов в черной металлургии.*

Одной из важнейших задач развития всех отраслей промышленности любого государства является задача экономного и эффективного использования энергоресурсов. Решение этой задачи становится особенно важным в производствах, технология которых требует обеспечения тепловых нагрузок высокого уровня, что, в первую очередь, относится к теплоиспользующим, теплоэнергетическим и огне-техническим установкам большой мощности в энергетике, черной и цветной металлургии и др.

Решение задачи повышения эффективности промышленности и экономичного использования энергоресурсов предусматривает:

- реконструкцию существующих промышленных агрегатов;
- интенсификацию технологических процессов на базе более эффективного использования промышленного оборудования;
- исследование новых технологических процессов и создание на их основе высокоэффективных производств.

В настоящее время решение любой из задач невозможно без тщательного исследования технологии использования тепла в общем технологическом процессе полного цикла (до выпуска готового изделия) и построения на этой основе математических моделей, позволяющих эффективное использование современной вычислительной техники. Интенсивное развитие методов построения моделей привело к развитию самостоятельного направления в общей теории управления- идентификации объектов управления [1, 2].

Широкое применение методов построения моделей в теории и практике исследования теплообменных процессов предполагает наличие достоверной информации об их параметрах (краевых условиях, теплофизических характеристиках и т.д.). Отсутствие такой информации во многих случаях приводит к необходимости решать задачу идентификации этих параметров по ограниченным данным о температурном поле исследуемого объекта, т.е. решать обратную задачу теплопроводности, которая в ряде случаев является единственным источником получения сведений о неизвестных параметрах теплообмена [3, 5].

В связи с этим практика исследования теплообменных процессов, моделирования и теплового проектирования теплоиспользующих, теплоэнергетических, теплонагруженных агрегатов и др. потребовала разработки методов и средств диагностики, построенных на новых принципах — принципах анализа обратных задач нестационарного теплообмена. Работы Алифанова О.М., Симбирского Д.Ф., Мацевитого М., Коздобы Л.А., Ярышева Н.А., Темкина А.Г., являясь методической основой приложения этих принципов к разработке методов нестационарной тепловой диагностики, дали толчок к появлению довольно большого числа работ в этой области.

Итоги семинаров, посвященных обратным задачам теплообмена (МАИ, г.Москва), совещаний по тепло- и массообмену (ИТМО, г.Минск), конференций по методам и средствам диагностики газотурбинных двигателей и их элементов (ХАИ, г.Харьков), по динамике тепловых процессов (ИТТФ, г.Киев) и др. подтвердили все возрастающий интерес к разработке методов тепловой диагностики теплообменных процессов, построенных на новых принципах.

Несмотря на определенные успехи методологического плана в разработке этих вопросов, следует отметить недостаточное исследование направления, связанного с разработкой методов и средств диагностики, позволяющих их непосредственное использование при практической реализации теплотехнологических процессов в черной металлургии [4].

Это прежде всего относится:

- к разработке эффективных методов идентификации теплотехнологических процессов для неоднородных пространственных систем с переменными коэффициентами переноса в условиях сложного радиационно-конвективного теплообмена в промышленных печах;
- к разработке методов, средств контроля и управления теплотехнологическими процессами в «реальном» времени;
- к разработке методов алгоритмизации для ЭВМ нелинейных математических моделей теплообменных процессов, распространенных в черной металлургии и энергетике.

В целом проблема тепловой диагностики теплотехнологических процессов, конструкций и их элементов включает довольно широкий круг задач, существенно различающихся как в постановке, так и по методам получения решения.

Будем понимать под тепловой диагностикой определенную совокупность операций, позволяющих, в конечном итоге, определить необходимые параметры теплотехнологических процессов, конструкций и их элементов и т.п. в режиме контроля или в режиме управления (поля температур, тепловые нагрузки, режимы работы теплообеспечивающих систем и др.) [4], рис. 1, 2.

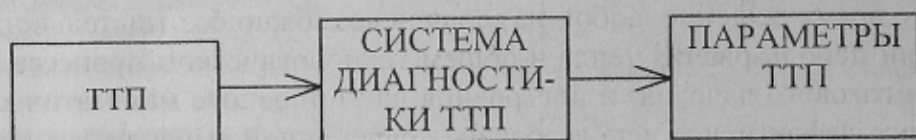


Рис. 1. Режим контроля

Для решения локальных задач тепловой диагностики могут быть использованы различные методы: экспериментальные, теоретические или, в основном, носящие комплексный характер.

Так, тепловая диагностика на этапе проектных работ может ограничиться математическим моделированием транспорта тепла в элементах конструкции с помощью ЭВМ. При конструктивной отработке агрегатов тепловая диагностика может включать как чисто экспериментальные методы (определение температур в характерных точках), так и математические методы обработки результатов эксперимента для восстановления поля температур (или тепловых нагрузок) в используемой конструкции.

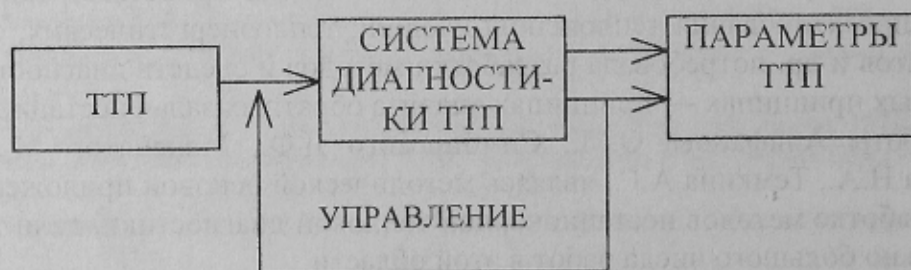


Рис. 2. Режим управления (в «реальном» времени)

Естественно, эти примеры не ограничивают всего многообразия возможных задач, решаемых при тепловой диагностике. Диагностика теплотехнологических процессов (ТТП) носит, пожалуй, наиболее общий характер, поскольку предполагает определение параметров взаимодействия исследуемого тела (или системы тел) с окружающей

средой и, как следствие, дает возможность восстановления полей температур в исследуемом объеме.

Определяя схему диагностики ТТП, можно отметить следующие этапы:

- подготовка исходной информации о характеристиках исследуемой системы и планирование экспериментальных исследований;
- экспериментальные исследования полей температур, скоростей, тепловых нагрузок и др. с помощью различных датчиков;
- выбор (разработка) методов интерпретации экспериментально полученной информации для определения необходимых характеристик ТТП;
- обработка экспериментальных данных, анализ характеристик ТТП и оценка погрешности диагностики.

По каждому из отмеченных пунктов можно привести довольно большие библиографические списки.



Рис. 3. Схема диагностики ТТП

Рассмотренные общие схемы тепловой диагностики предлагают в качестве ключевой — задачу диагностики нестационарных температурных полей в исследуемом объеме. Эта схема дает возможность на всех этапах тепловой диагностики ТТП использовать в качестве базового — решение уравнения энергии, полученное численным или аналитическим методами.

В этом случае появляется возможность унифицировать подход к решению задач на всех этапах диагностики ТТП как в режиме контроля, так и в режиме управления.

Режим контроля предполагает обработку информации вне контура системы управления ТТП. Следовательно, практически нет ограничений на используемые методы и средства обработки, а также на время получения конечной информации.

Для практически сложных задач естественен выбор численных методов восстановления нестационарных температурных полей в режиме контроля ТТП. Поэтому логическая цепочка анализа этого режима наиболее часто предусматривает:

- анализ итерационных методов, используемых в разностных схемах и обоснование улучшения схемы организации итерационного процесса;
- построение разностных итерационных схем для решения уравнения энергии и их анализ;
- практическое приложение разностных итерационных схем для диагностики ТТП с помощью разработанных методов восстановления полей температур (тепловых нагрузок).

Выбор методов решения вопроса диагностики ТТП для второго режима — режима управления, predetermined тем, что датчики и вторичная аппаратура, реализующая алгоритмы обработки их электрических сигналов, должны выдавать управляющий сигнал в «реальном» времени.

Таким образом, проведен общий анализ практики исследования теплообменных процессов, моделирования и теплового проектирования теплоиспользующих, теплоэнергетических, теплонагруженных агрегатов и др. и разработки соответствующих методов и средств диагностики, построенных на новых принципах — принципах анализа обратных задач теплообмена.

### Список литературы

1. Алифанов О.М. Идентификация процессов теплообмена летательных аппаратов. — М.: Машиностроение, 1979. — 216 с.
2. Симбирский Д.М. Тепловая диагностика двигателей. — Киев: Техника, 1976. — 208 с.
3. Маркин А.Д. Нестационарная диагностика теплотехнологических процессов черной металлургии. — Донецк, 1993. — 16 с.
4. Маркин А.Д., Ханна С. Об одной коэффициентной задаче для уравнения Фурье. — В кн: Идентификация Динамических Систем и Обратные Задачи: Сб.докл. второй Международной конф. — Санкт-Петербург, 1994.
5. Markin A. On improving the dynamic characteristics of the thermal processes control systems. — Rad.XXVI Jugoslovenska konferenzija ETAN. — Subotica, 1982. — P. 71–77.

© Маркин А.Д., Данильченко Т.А., Думбур Р.С., 2001

ЕРОНЬКО С.П. (ДОНГТУ), ПИЛЮШЕНКО В.Л. (ДГАУ), ИВАНИЦКИЙ Е.С. (ОАО «ДМЗ»)

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ В РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРЕ

*Приведены результаты экспериментов, позволившие оптимизировать основные геометрические параметры устройства, обеспечивающего разрежение в околоструйном пространстве с целью снижения интенсивности вторичного окисления металла при переливе стали из разливочного ковша в промежуточный.*

Вопросам защиты стали от вторичного окисления в последнее время уделяется много внимания, поскольку их успешное решение позволяет в значительной мере улучшить целый ряд технико-экономических показателей производства непрерывнолитых заготовок, к числу которых в первую очередь следует отнести выход годного по сталеплавильному переделу, а также удельный расход огнеупорных изделий и инертного газа, выполняющих защитную функцию [1]. В настоящее время, как известно, наиболее эффективными средствами защиты струи металла от воздействия кислорода воздуха при непрерывной разливке считаются специальные камеры с системой поддува инертного газа и погружные огнеупорные стаканы.

Повышенный расход дорогостоящего аргона, подаваемого под давлением в жесткую или эластичную герметичную камеру, а также частые случаи затягивания канала погружного стакана, используемых для защиты струи стали, переливаемой из разливочного ковша в промежуточный, вызывают необходимость проведения работ по совершенствованию методов снижения негативного воздействия атмосферного воздуха на разливаемый непрерывным способом металл.

Одним из нетрадиционных методов снижения интенсивности процесса вторичного окисления стали при непрерывной разливке является обеспечение пониженного