

Демидченко Егор Александрович,
аспирант гр. ЭНм-20-1, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: demidchenko.ea@yandex.ru

Демидченко Мария Алексеевна,
аспирант, Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН,
e-mail: user.contacts@mail.ru

Истомин Андрей Леонидович,
д.т.н., профессор, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: a.l.istomin@mail.ru

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Demidchenko E.A., Demidchenko M.A., Istomin A.L.

APPROACH TO BUILDING A MATHEMATICAL MODEL OF A PIPE FURNACE FOR OPTIMAL CONTROL

Аннотация. В работе рассматривается подход к построению математической модели трубчатой печи, как объекта с распределёнными параметрами. В рамках подхода формулируется краевая задача, которую предполагается решить, используя принцип максимума Понтрягина совместно с методом пристрелки. Применение разрабатываемой математической модели позволит определить оптимальные управления, обеспечивающие снижение коэффициента избытка воздуха, что в перспективе позволит повысить эффективность сгорания топлива и увеличить коэффициент полезного действия печи.

Ключевые слова: Оптимальное управление, трубчатая печь, принцип максимума Понтрягина, распределение параметров, краевая задача.

Abstract. The paper considers an approach to constructing a mathematical model of a tubular furnace as an object with distributed parameters. Within the framework of the approach, an boundary value problem is formulated, which is expected to be solved using the Pontryagin maximum principle together with the method of sighting. The application of the developed mathematical model will allow to determine the optimal control parameters that ensure a decrease in the air excess ratio, which in the future will allow to increase the efficiency of fuel combustion and increase the efficiency of the furnace.

Keywords: Optimal control, tubular furnace, Pontryagin maximum principle, parameter distribution, boundary value problem.

Нагрев в печах, использующих тепло горения, является широко распространённым процессом в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, поскольку позволяет осуществлять нагрев веществ до температур, более высоких, чем те, которых можно достичь, например, с помощью нагрева в теплообменных аппаратах. Для такого нагрева применяются промышленные трубчатые печи [1].

Основной характеристикой трубчатой печи является температурный режим, под которым понимают закон (траекторию) изменения температуры нагреваемого потока по длине печи. Возможность реализовывать различные графики нагрева является основным достоинством нагревательных печей проходного типа, так как позволяет оперативно изменять режимы нагрева при изменении ха-

рактических характеристик нагреваемого потока и топлива. Температурный режим в значительной степени предопределяет качество нагрева основного потока и технико-экономические показатели печи. В основном на эти два основных показателя опираются исследователи при изучении и оценке температурных траекторий нагрева.

Для определения температурного режима в трубчатой печи необходимо построить математическую модель трубчатой печи, позволяющую находить распределение температур основного потока и дымовых газов по длине печи, в зависимости от расхода газообразного топлива на сжигание в печи, соотношения газ–воздух в газовой горелке, а также определять оптимальное управление нагревом основного потока в печи, позволяющее сформировать наилучшую траекторию нагрева в соответствии с тем или иным критерием оптимальности.

В данной работе в качестве объекта исследования выбрана трубчатая печь, на вход которой подаётся гидрогенизат гидрокрекинга температурой 180-220°C. Целью исследования является нахождение таких оптимальных управлений печи, при которых сырьё нагреется от 180°C до диапазона температур 280-340°C. Параллельно с этим необходимо минимизировать общее потребление топлива, в качестве которого используется топливный газ.

Последующая разработка математической модели трубчатой печи позволит не только оптимизировать расход энергоресурсов, затрачиваемых для нагрева, но и дополнит методологическую базу для цифровизации производств с уникальным или нестандартным парком оборудования. Для решения поставленной задачи планируется использовать принцип максимума Понтрягина [2], в сочетании с методом пристрелки [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ахметов С.А.** Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов. //Издательство «Гилем», Уфа 2002 – 622 стр.;
2. **Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф.** Математическая теория оптимальных процессов. //Издательство «Наука», Главная редакция физико-технической литературы, Москва 1983. – 392 стр.;
3. **Васильев Ф.П.** Методы оптимизации: в 2-х книгах. //Издательство МЦНМО, Москва 2011 – 620 стр.