

УДК 681.326.32

## СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВСПУЧИВАНИЕМ КЕРАМЗИТА ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

Галицков С. Я., Фадеев А. С.

ФГБОУ ВПО Самарский государственный архитектурно-строительный университет, Самара, Россия (443001, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д.194) e-mail: [maes@sgasu.smr.ru](mailto:maes@sgasu.smr.ru)

Осуществлен структурный синтез системы автоматического управления процессом вспучивания керамзита во вращающейся печи. Система позволяет решить технологическую задачу обжига керамзита с требуемой насыпной плотностью. На основании результатов вычислительных экспериментов на вычислительной модели объекта управления определены координаты установки датчиков температуры. По результатам исследований объекта были определены параметры объекта управления системы. Показано, что они изменяются в функции двух входных координат – объемной тепловой мощности и величины загрузки печи сырьем керамзита. Предложен вариант технической реализации системы – один из двух датчиков температуры располагается в центре зоны вспучивания, а второй выполняется в виде линейки, состоящей из нескольких датчиков, расположенных вдоль оси печи. Разработан алгоритм опроса датчиков, находящихся в линейке в зависимости от заданного значения плотности керамзита. Показано, что такой подход позволяет обеспечить адаптивность системы при вариации параметров объекта управления.

Ключевые слова: система управления, структурный синтез, обжиг керамзита.

## CONSTRUCTIONAL SYNTHESIS OF OPERATING SYSTEM OF BLOATING EXPANDED CLAY IN A ROTATING FURNACE

Galitskov S. Ja., Fadeev A. S.

Samara State University of Architecture and Civil Engineering, Samara, Russia (443001, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194) e-mail: [maes@sgasu.smr.ru](mailto:maes@sgasu.smr.ru)

Constructional synthesis of the operating system, that makes it possible to fulfill the technological task of burning the expanded clay with the required bulk density, has been worked out. On the basis of the calculating experiments there have been determined the zones to place the temperature sensors. We have offered to make one of the temperature sensors in the form of a liner with some temperature sensors placed along the axis of the furnace. That enables to adapt the work of the system to the changing burning curve. The variant of technical realization of system is offered – one of two sensors of temperature settles down in the center of expanded zone, and the second sensor is carried out in the form of a ruler, consisting of several sensors, located along a furnace axis. The algorithm of poll of the sensors which are in a ruler depending on a preset value of density expanded clay, is developed. It is shown that such decision allows to provide adaptability of system at a variation of parameters of control object.

Key words: operating system, constructional synthesis, burning of expanded clay.

Одной из основных задач обжига керамзита во вращающейся печи является обеспечение стабильного режима получения керамзита с заданным значением его насыпной плотности  $\rho_k$ , которая определяется, как показано в [1], температурой  $T_A$  подготовки керамзита, т.е. значением температуры материала в точке А кривой обжига (рис.1). Экспериментально установлено [1,4], что на процесс вспучивания накладываются следующие технологические ограничения: температура  $T_C$  в центре зоны вспучивания (точка С, рис.1), должна быть на 5...7 °С ниже температуры плавления  $T_{пл}$  глины, определяемой по [3]. Таким образом, для решения задачи автоматической стабилизации  $\rho_k$  необходимо обеспечить стабилизацию температуры в точке А печи в соответ-

ствии с заданным значением  $\rho_k$  и, во-вторых, обеспечить стабилизацию температуры  $T_C$  с целью исключения плавления глины.

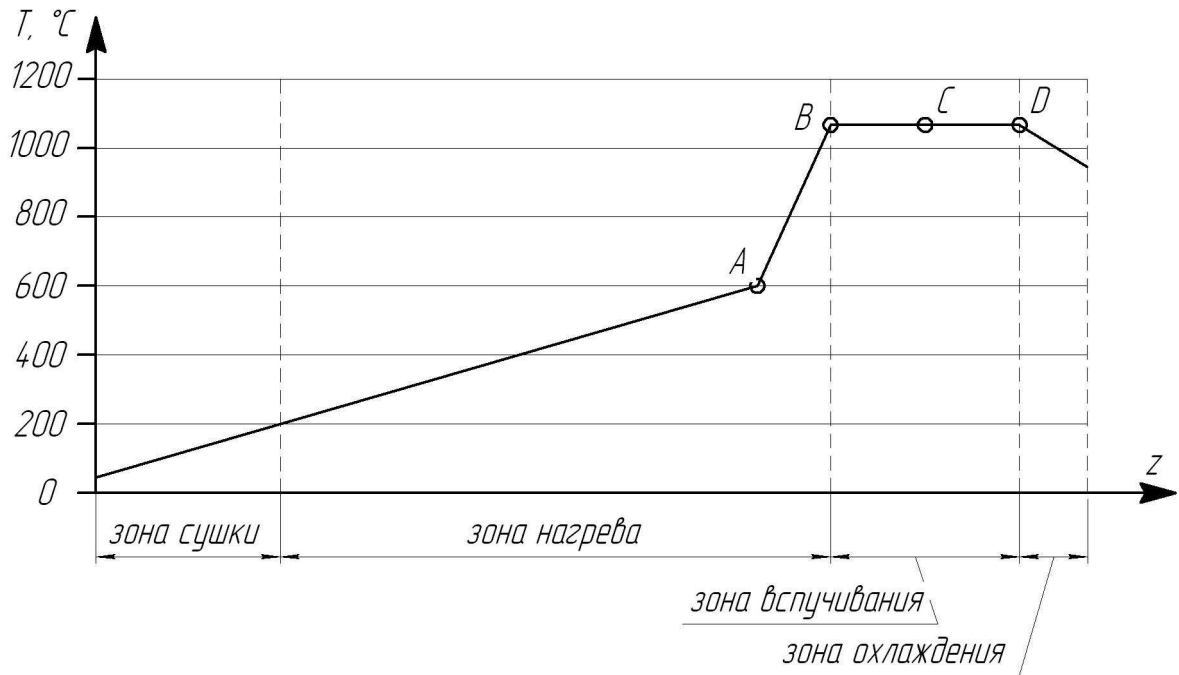


Рисунок 1. Кривая обжига керамзита во вращающейся печи

На основании сказанного синтезирована структура многомерной системы управления (рис.2). Она содержит два контура, связанных между собой через объект управления (под объектом управления понимаем совокупность тепловых и физико-химических процессов во вращающейся печи при вспучивании керамзита), в котором в явном виде проявляется распределенность параметров [6]. Но принимая во внимание, что в решении поставленной задачи стабилизации  $\rho_k$  управление температурным полем осуществляется в сечениях A и C печи, в работе [2] по методике [5] идентифицированы операторы объекта управления системы в виде передаточных функций по отношению к управляющим воздействиям: загрузка  $q_s$  печи (модели  $W_{TA}^{\acute{o}q}$ ,  $W_{TC}^{\acute{o}q}$ ) и объемная тепловая мощность  $Q_n$  горелки (модели  $W_{TA}^{\acute{o}Q_i}$ ,  $W_{TC}^{\acute{o}Q_i}$ ), и к возмущению  $w$  – влажность сырца керамзита при загрузке его в печь (модели  $W_{TA}^{\acute{a}}$ ,  $W_{TC}^{\acute{a}}$ ). Регулятор 1 контура стабилизации температуры  $T_C$  управляет скоростью ленточного питателя, осуществляющего подачу керамзита

в печь. Регулятор 2 контура стабилизации температуры  $T_A$  осуществляет автоматическое регулирование подачи топлива в горелку.

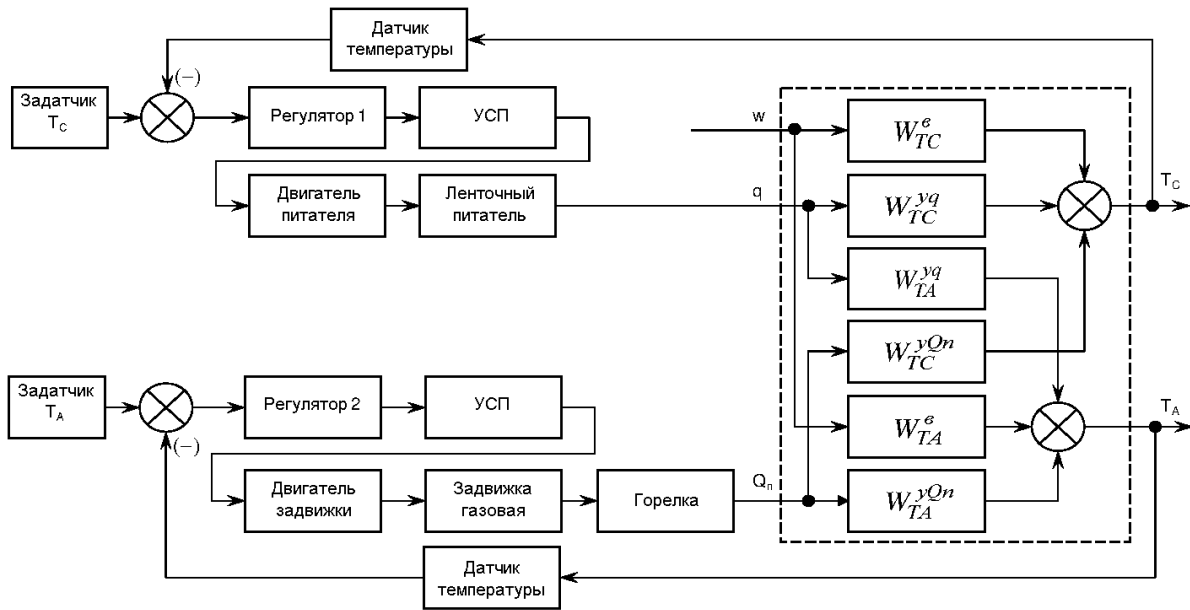


Рисунок 2. Структурная схема системы управления вслучиванием керамзита во вращающейся печи

Существенное значение при синтезе этой двухконтурной системы имеет рациональный выбор точек расположения датчиков обратной связи. Экспериментальные исследования тепловых режимов вращающейся печи, выполненные на модели [2] в условиях вариации  $q_3$  и  $Q_n$ , показали существенное изменение положения кривой обжига  $T(z)$  на координатной плоскости  $OZT$ . Анализ семейства полученных в результате вычислительных экспериментов кривых обжига применительно к печи типоразмера  $2,5 \times 40$  м позволил сделать следующие выво-

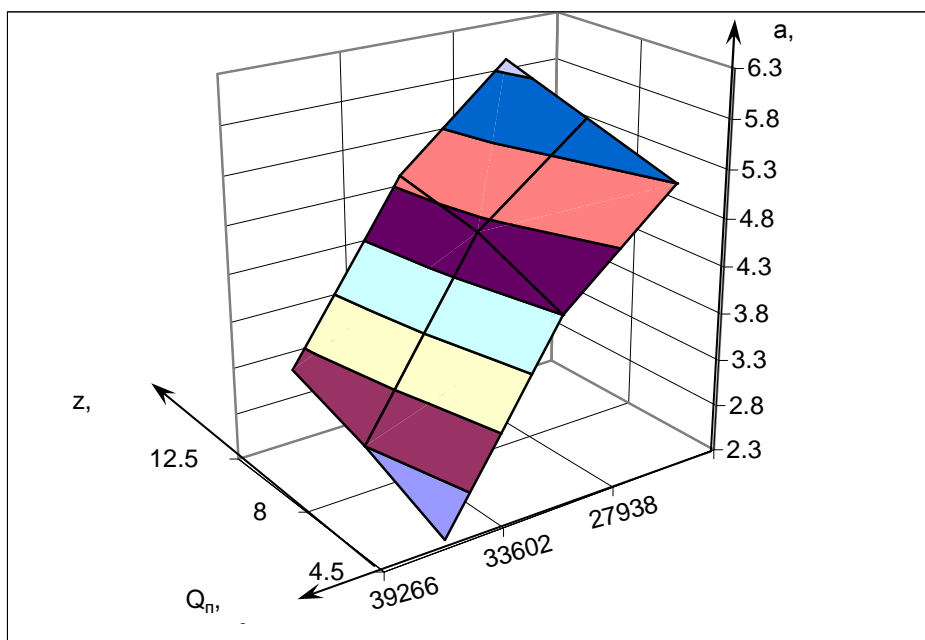


Рисунок 3. Зависимость длины зоны всучивания  $l_{BD}$  от загрузки  $q_3$  и тепловой мощности  $Q_{П}$

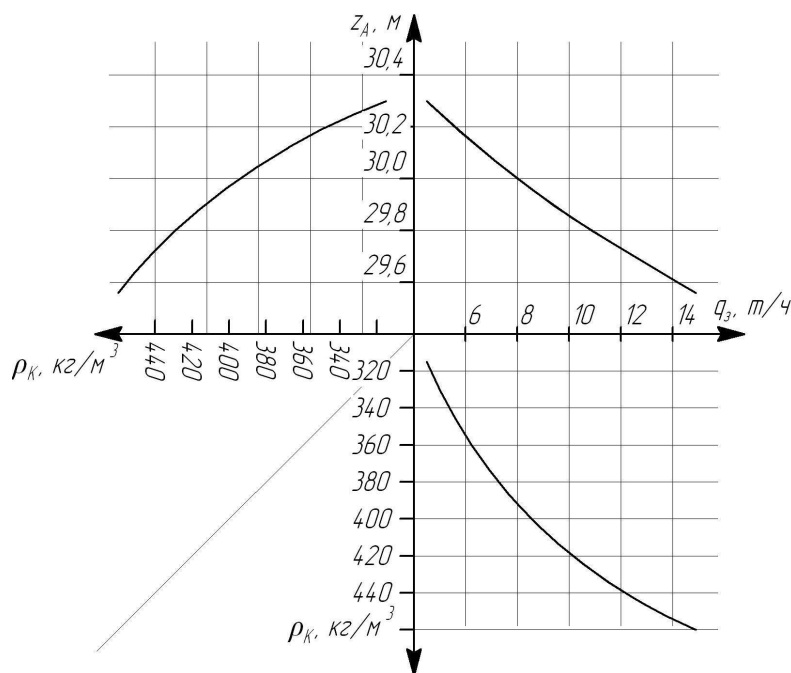


Рисунок 4. Влияние загрузки  $q_3$  на насыпную плотность  $\rho_K$  и координату  $z_A$  точки А  
 ды: во-первых – координата  $z_C$  центра (точка С) зоны всучивания ВD практически не изменяется при всех допустимых режимах работы печи; во-вторых – длина отрезка ВD (длина зоны всучивания) меняется в функции двух координат (рис.3). В-третьих, координата  $z_A$  точки А существенно зависит от  $q_3$  (рис.4).

Кроме того, на рис.4 отражена связь насыпной плотности  $\rho_k$  с положением точки А. Это позволяет решить задачу выбора расположения датчиков температуры при технической реализации синтезируемой системы. Датчик температуры  $T_C$  располагаем в точке С, координата которой определяется по кривой обжига. Предлагается датчик температуры  $T_A$  выполнить в виде линейки, включающей в себя  $n$  датчиков (например, 3 – 5), расположенных вдоль оси  $z$ . Тогда в соответствии с требуемым значением  $\rho_k$  сигнал в систему управления будет сниматься с того датчика, координата  $z_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) которого выбирается в соответствии с кривой, расположенной во втором квадранте на рис.4.

Предложенный вариант структурного синтеза системы и оснащение печи линейкой датчиков температуры  $T_A$  позволяет создать адаптивную многомерную систему управления температурным полем во вращающейся печи и обеспечить производство керамзита со стабильным заданным значением насыпной плотности  $\rho_k$ .

### Список литературы

1. Онацкий С.П. Производство керамзита. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1987. – 333 с.
2. Галицков С.Я., Данилушкин А.И., Фадеев А.С. Моделирование вспучивания керамзита во вращающейся печи как объекта управления // Вестник Самарского государственного технического университета, Серия «Технические науки», №2 (30) СамГТУ. – Самара, 2008. – С.160-168.
3. Онацкий, С.П. Выбор и оценка глинистого сырья для производства курамзита. / С.П. Онацкий – М.: Государственное издательство литературы по строительным материалам, 1957. – 20 с.
4. Перегудов, В.В. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей: учебник для ВУЗов. / В.В. Перегудов, М.И. Роговой – М.: Стройиздат, 1983. – 416с., ил.
5. Галицков С.Я, Галицков К.С., Масляницын А.П. Математическое моделирование промышленных объектов управления. – Самара: СГАСУ, 2004 – 152 с.
6. Рапопорт, Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами: Учеб.пособие / Э.Я. Рапопорт. – М.: Высш. шк., 2003. – 299 с.

### Рецензент:

Михелькевич В.Н., д.т.н., профессор кафедры «Электропривод и промышленная автоматика» Самарского государственного технического университета, г. Самара.