

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕЧИ ДЛЯ ОБЖИГА КИРПИЧА

**О. В. Симчук**

Кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов\*  
 Контактный тел.: 096-631-61-19  
 E-mail: oxalp@ukr.net

**В. Ф. Мысак**

Кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по методической работе  
 Теплоэнергетический факультет\*  
 Контактный тел.: (044) 406-80-85  
 \*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
 ул. Политехническая, 6, г. Киев, Украина, 03057

*Описана система автоматизації печі для випалу цегли. Приведені результати моделювання зони випалювання методом Брандона, що дають можливість прогнозувати появу бракованої продукції*  
**Ключові слова:** тунельна піч, моделювання, метод Брандона

*Описана система автоматизации печи для обжига кирпича. Приведены результаты моделирования зоны обжига методом Брандона, дающих возможность прогнозировать появление бракованной продукции*  
**Ключевые слова:** тоннельная печь, моделирование, метод Брандона

*The described system of automation of stove is for firing of brick. Resulted results of design of area of burning - out the method of Brandon, that enable to forecast appearance of defective products*  
**Key words:** tunel stove, design, method of Brandon

Обжиг кирпича является завершающей стадией технологического процесса производства кирпича и зависит от качества прохождения продукцией предыдущих стадий. Подготовка сырца состоит из следующих последовательно выполняемых стадий: стадия первая – компоновка шихты из различных видов глины и примесей, суть второй стадии состоит в том, что происходит интенсивное измельчение шихты, затем стадии формирования, нарезки и сушки кирпичей. Далее сырец (полуфабрикат) поступает в завершающую часть процесса – печь тоннельного типа – непрерывно действующий агрегат, состоящий из подзон нагрева, обжига и охлаждения.

Основным параметром работы печи является температура.

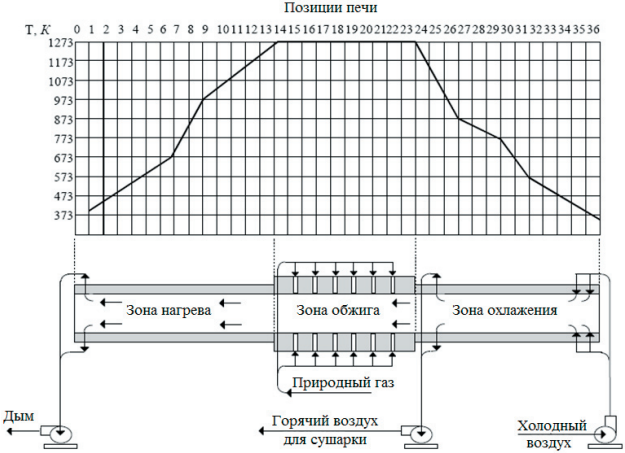


Рис. 1. Процесс обжига кирпича в тоннельной печи

На рис. 1 изображен температурный график процесса обжига кирпича и принципиальная схема обжига кирпича [1].

График задает температурное поле печи и необходимую температуру каждой точки печи. Поддержание оптимального температурного поля в каждой подзоне есть основным условием для получения продукции хорошего качества и является главной задачей процесса обжига.

Основными показателями качества готового кирпича являются механические и гидрофизические показатели (прочность R<sub>г</sub>, водопоглощение V<sub>Р</sub>, морозостойкость М) и визуальные дефекты (трещины, оплавления, перепал). На перечисленные показатели качества существенно влияет размещение изделий в печном вагоне, где, как правило, 13 рядов кирпичей в каждом пакете, 8 пакетов на одной вагонетке (как показано на рис. 2.)

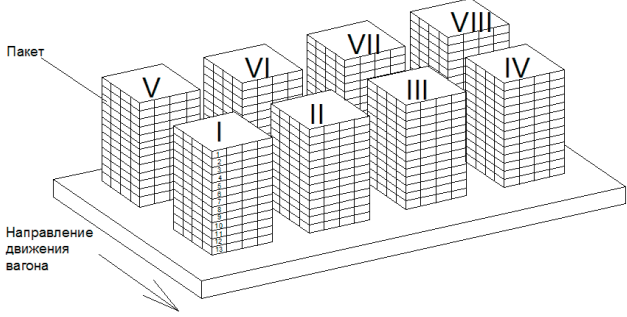


Рис. 2. Размещение кирпича на вагонетке

Экспериментальные данные распределения прочности по высоте пакетов садки приведены на рис. 3 [2].

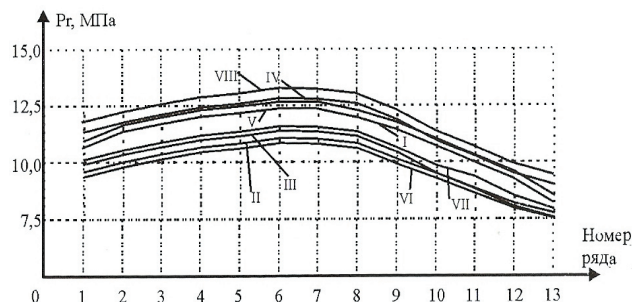


Рис. 3. Распределение прочности по высоте пакетов садки

Как видно из графика наименьшую прочность имеет 13 ряд, то есть самый низкий. Этот ряд может служить мерой прочности - если обеспечена необходимая прочность 13-го ряда, то будет обеспечена прочность остальных рядов.

Контроль свойств готовой продукции возможен только после выгрузки изделий из печи и проведение исследований качества кирпича занимает много времени (от часа до нескольких дней), что делает невозможным своевременное изменение температурного поля печи, а в итоге приводит к снижению качества продукции и появлению брака.

Задачу прогнозирования появления бракованной продукции можно решить при использовании математических зависимостей, которые учитывают параметры, определяющие качество готовой продукции. Такими параметрами являются: наибольшие температуры в зоне обжига  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$ , остаточная относительная влажность высушенного сырца  $W_{pf}$ , степень переработки шихты  $k_{пер}$ , концентрации  $C_{Al_2O_3}$  и  $C_{(CaO+MgO)}$ .

Для идентификации статических зависимостей, связывающих показатели качества с технологическими параметрами, использован метод Брандона. Преимуществами метода является возможность обоснованного выбора стартовой структуры модели, широкий спектр нелинейных структур, достаточно простой алгоритм расчета параметров. Ниже приведены математические модели полученные методом Брандона для таких показателей качества как прочность  $Pr$  и водопоглощение  $Vp$  (морозостойкость имеет аналогичную структуру):

$$Vp_8 = (1 \cdot a_{11} + T_1 \cdot a_{12} + T_1 \cdot C_{(CaO+MgO)} \cdot a_{13}) + (k_{пер} \cdot b_{11} + T_2(1 + C_{(CaO+MgO)}) \cdot b_{12} + T_2 \cdot C_{(CaO+MgO)} \cdot b_{13}) + (c_{12} \cdot T_3), \tag{1}$$

$$Vp_6 = (1 \cdot a_{21} + T_1 \cdot a_{22}) + (k_{пер} \cdot b_{21} + T_2 \cdot C_{(CaO+MgO)} \cdot b_{22} + (T_2 \cdot C_{(CaO+MgO)})^2 + b_{23}) + (T_3 \cdot c_{21}), \tag{2}$$

$$Pr_{13} = (1 \cdot a_{31} + T_1(1 + C_{Al_2O_3}) \cdot a_{32} + (1 + C_{Al_2O_3})^2 T_1^2 \cdot a_{33}) + (k_{пер} \cdot b_{31} + T_2(1 + C_{(CaO+MgO)}) \cdot b_{32} + (1 + (C_{(CaO+MgO)})^2) T_2^2 \cdot b_{33}) + ((1 + C_{Al_2O_3}) \cdot T_3 \cdot c_{31}), \tag{3}$$

$$Pr_{12} = (1 \cdot a_{41} + T_1(1 + C_{Al_2O_3}) \cdot a_{42} + T_1^2 \cdot a_{43}) + (k_{пер} \cdot b_{41} + T_2(1 + C_{(CaO+MgO)}) + C_{Al_2O_3} \cdot b_{42} + T_2^2 \cdot b_{43}) + (W_{pf} \cdot c_{41} + (1 + C_{Al_2O_3}) \cdot T_3 \cdot c_{42} + (T_3)^2 \cdot c_{43}). \tag{4}$$

Индексы 8 и 6 при показателе водопоглощения - это количество пакетов в садке, которое рассматривается как один объект моделирования. Индексы 12 и 13 при показателе прочности - количество рядов в пакете.

Для получения моделей использовались данные экспериментов, полученные на существующем объекте [2].

Математические модели (1-4) проверены на адекватность по критерию Фишера, относительная погрешность не превышает 10%.

На основе созданной модели разработана структурная схема системы управления процессом обжига в туннельной печи, которая состоит из 2-х уровней: верхнего и нижнего (рис. 4).



Рис. 4. Система управления процессом обжига

Нижний уровень включает в себя локальные средства, используемые для стабилизации аэродинамического и температурного полей внутри печи. Верхний предназначен для решения задач нахождения оптимального температурного поля, прогнозирования свойств продукции, решения задачи предотвращения аварийных ситуаций.

Предусматривается использование базы паспортов вагонов, предназначенных для мониторинга обжига изделий каждого печного вагона, который находится в печи или вышел из нее и сохранение информации о технологических параметрах, при которых проводился процесс обжига, а также рассчитанные по моделям значения критериев прочности и водопоглощение (рассчитываются после выхода вагона из печи).

Поскольку целью управления является обеспечение качества продукции, а именно прочности, которая определяет цену можно сформулировать критерий оптимальности:

$$I = \sum_{i=1}^n P_i \cdot C_{s_i} \rightarrow \max,$$

где  $n$  - количество марок кирпича на печном вагоне,  $P_i$  - цена  $i$ -й марки, грн/тыс.шт.,  $C_{s_i}$  - количество  $i$ -й марки на вагоне, тыс.шт.

Итак, полученные модели используются для прогноза и выдачи задания для системы автоматического регулирования расхода топлива, а также при создании системы статической оптимизации процесса обжига кирпича, что способствует существенному повышению качества готовой продукции и экономии топлива.

*Розглядається життєвий цикл будівельного об'єкта та виокремлюються його основні етапи. На основі цього пропонується модель управління життєвим циклом продукту в будівництві, що включає його основні етапи та зв'язки між ними*

*Ключові слова: життєвий цикл будівельного об'єкта, PLM в будівництві*

*Рассматривается жизненный цикл строительного объекта, и выделяются его основные этапы. На основе этого предлагается модель управления жизненным циклом продукта в строительстве, которая включает его основные этапы и связи между ними*

*Ключевые слова: жизненный цикл строительного объекта, PLM в строительстве*

*In this paper we consider a construction object lifecycle. We distinguish the main stages of the construction object lifecycle and suggest a model of product lifecycle management (PLM) in construction*

*Key words: construction object lifecycle, PLM in construction*

List of abbreviations

AEC	Architecture Engineering and Construction
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAx	Computer Aided Technologies
CPD	Collaborative Product Development
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly
DFSS	Design for Six Sigma
ETO	Engineering, Technology, Operations
HR	Human Resources

Литература

1. Дис. канд. техн. наук: 05.13.07 / І.М. Голінко; Укр. держ. ун-т харч. технологій. — К., 2000. — 181 с. — укр.
2. Дис. канд. техн. наук: 05.13.07 / І.В. Ярошук; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". — К., 2003. — 286 с. — укр.

УДК 004.021:004.92

# PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT IN CONSTRUCTION

**Y. V. Borodavka**

Assistant professor of applied mathematics department  
Kyiv national university of construction and architecture  
Povitroflotskiy Avenue 31, Kyiv, Ukraine, 03680  
Contact phone: 067-812-27-52  
E-mail: evb.jb@mail.ua, e-v-b@i.ua

**S. L. Pechenov**

Chief of laboratory  
State enterprise «State scientific and research institute of computer-aided systems in construction»  
Maxima Kryvonosa Street 2a, Kyiv, Ukraine, 03037  
Contact phone: 050-356-20-01  
E-mail: psl@bigmir.net

IT	Information Technologies
MPM	Manufacturing Process Management
NPD	New Product Development
PDM	Product Data Management
PLM	Product Lifecycle Management
PLM/AECO	PLM for Architects, Engineers, Construction Firms and Asset Owners

**Introduction**

Construction industry, especially, civil engineering, is one of the most needed in our lives. Every year more and