

УДК 662.63.64

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

к.т.н., профессор Воронова Н.П.

д.т.н., профессор Березовский Н.И.

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы использования местных видов топлива и вторичных энергоресурсов на основе фрезерного торфа в технологиях получения керамических стеновых материалов. Предложена методика нагрева с учётом термических напряжений с рекомендациями по изменению скорости повышения температуры.

Ключевые слова: ресурсосбережение, энергосбережение, строительные материалы, торф, силикатные пористые материалы, термические напряжения, математическое моделирование.

SOME ASPECTS OF RESOURCE SAVINGS IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

Voronova N.P.

Berezovsky N.I.

Belarusian National Technical University, Minsk, RB

Annotation. The paper discusses the use of local fuels and secondary energy resources based on milling peat in technologies for the production of ceramic wall materials. A heating technique is proposed taking into account thermal stresses with recommendations for changing the rate of temperature increase.

Key words: resource saving, energy saving, building materials, peat, silicate porous materials, thermal stresses, mathematical modeling.

В Республике Беларусь постоянно уделяется большое внимание развитию исследований по экономии технологического топлива, замене дорогостоящих импортных материалов на местные виды, применению различных видов сырья для разработки ресурсосберегающих технологий.

Актуальной проблемой является определение оптимальных сырьевых составов при производстве различных строительных материалов [1]. Одним из самых распространённых видов местного сырья в стране является торф. Освоение этого природного ресурса обеспечивает ресурсосберегающее использование ценности этого сырья для получения продуктов, которые не

имеют аналогов. Добыча торфа для топливных целей в 2020 году составила более 510 тыс. т. и с каждым годом эта цифра растёт.

В больших объёмах на заводах строительных материалов выпускаются керамические блоки, кирпичи, которые имеют пористую структуру за счёт выгорающих добавок, например, торфа. Это позволяет значительно уменьшить вес изделий, сохраняя нормативные показатели по прочности, плотности, водопоглощению и морозостойкости. Использование торфа в качестве добавки позволяет уменьшить себестоимость продукции, заменяя дорогостоящие уголь, антрацит, древесные опилки.

Рассмотрим одну из стадий технологического процесса производства керамического кирпича поризованного пустотелого с использованием выгорающей добавки в виде торфа. Сушка и обжиг такого кирпича чаще всего производится конвективным способом. Скорость теплотехнологического процесса и его качество определяются регулируемой температурой, относительной влажностью, объёмом и скоростью теплоносителя в виде нагретого воздуха и дымовых газов [2].

Для исследования теплотехнологического процесса рассмотрим математическую модель, описываемую системой с безразмерными параметрами:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u(l, \varphi)}{\partial \varphi} = \frac{\partial^2 u(l, \varphi)}{\partial l^2}, \\ \left. \frac{\partial u}{\partial l} \right|_{l=1} = B_i [Q(\varphi) - u(1, \varphi)], \\ \left. \frac{\partial u}{\partial l} \right|_{l=-1} = B_i [Q(\varphi) - u(-1, \varphi)], \\ u(i, 0) = v, \\ -1 + \chi \leq Q(\varphi) \leq 1 + \chi, \end{array} \right. \quad (1)$$

где φ – безразмерное время;

l – безразмерная толщина;

B_i – критерий Био;

v – безразмерная начальная температура;

χ – критерий несимметричности нагрева;

$Q(\varphi)$ – температура греющей среды;

$u(l, \varphi)$ – безразмерная температура.

В данном случае $\varphi = \frac{at}{s^2}$, $l = \frac{x}{s}$, $B_i = \frac{\alpha s}{\lambda}$, где $2s$ – толщина нагреваемого тела, для которого α, λ, a – соответственно коэффициенты теплообмена, теплопроводности, температуропроводности материала [3].

Температурные напряжения в теле приводят к наибольшим растягивающим $\sigma_{\text{раст.}}$ и сжимающим $\sigma_{\text{сжим.}}$ напряжениям по формуле

$$\sigma_{\text{раст.сжим.}} = \frac{\beta \cdot E \cdot s}{3(1-\theta)} \cdot \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=s} \cdot f(\mu), \quad (2)$$

где θ – коэффициент Пуассона;

E – модуль упругости;

β – коэффициент линейного расширения;

$f(\mu)$ – функция от коэффициента несимметричности нагрева, которая при

$\mu = \frac{s+c}{2s}$ ($c = \text{const}$) с нагревом постоянным тепловым потоком дает

распределение температуры по толщине пластины в виде

$u(x, t) = b(t) + b_1(x+c)^2$, где $b(t)$ – линейная функция времени, $b_1 = \text{const}$.

На основании предложенной математической модели для нагрева керамических стеновых материалов с учётом термических напряжений [4] разработана методика нагрева с рекомендациями в начальный период процесса при $t = 2$ ч., $u = 150^\circ \text{C}$ увеличить скорость повышения температуры до 75°C/ч . В интервале $150^\circ \text{C} - 300^\circ \text{C}$ скорость увеличения температуры – 33°C в течении 4,5 ч. В интервале выше 300°C до 900°C скорость подъема температуры составила 150°C/ч .

Список используемых источников:

1. Основин, В.Н. Строительные материалы и изделия / В.Н. Основин, Л.В. Шуляков – Минск : Вышэйшая школа, 2008. – 224с.
2. Воронова, Н.П. Математическое моделирование энергосберегающих режимов нагрева, сушки и термообработки : монография / Н.П. Воронова. – Минск : БНТУ, 2006. – 86с.
3. Воронова, Н.П. Математическое моделирование и управление теплотехнологиями промышленных производств : монография / Н.П. Воронова. – Минск : БНТУ, 2009. – 260с.
4. Березовский, Н.И. Использование местных видов топлива и вторичных энергоресурсов в производстве пористых строительных материалов / Н.И. Березовский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2014. – 129с.