

**Воронова Н.П., Грибкова С.М., Казак Г.И.**

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

## **ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ТОРФА**

*Рассматривается математическое моделирование взаимосвязанных процессов тепломассопереноса при сушке торфа, что позволяет решать природоохранные и технологические вопросы, касающиеся рационального использования сырьевых ресурсов.*

Анализ современных мировых экономических, экологических и социальных условий показывает, что все аспекты человеческой деятельности должны быть ориентированы на концепцию устойчивого развития. Она рассматривается как процесс изменений, в котором эксплуатация ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений [1]. Суть ее заключается не в немедленном сдерживании экономического роста, а в прекращении, на первом этапе, нерационального роста использования ресурсов окружающей среды. Данная концепция подразумевает оптимальное использование ограниченных ресурсов и использование экологичных природо-, энерго-, и материало-сберегающих технологий, включая добычу и переработку сырья, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение отходов.

Для рационального использования природных ресурсов важное значение имеет изучение процессов тепломассопереноса в типичных органогенных природных дисперсных средах, таких, как торф. В естественных условиях для торфа характерно значительное влагосодержание. Для его использования в

промышленных целях необходим процесс его обогащения в виде сушки.

Сушку торфа можно разделить на несколько этапов [2]: этап постоянной скорости сушки и этап падающей скорости. Часто между этими основными этапами определяется период некоторой выдержки. Существенным является вопрос «улавливания» момента наступления выдержки и соответственно изменения технологии сушки в виде отключения источника тепла до момента завершения процесса удаления влаги за счет конвективной составляющей. При этом убыль влаги делится на три периода: первый соответствует подогреву торфа до температуры сушки, где влагосодержание изменяется незначительно; второй соответствует постоянной скорости сушки; третий – падающей скорости сушки. Для создания энергосберегающей технологии сушки торфа необходимо определить временные интервалы этапов и температурные характеристики процесса.

На первом этапе убыль влаги за счет испарения компенсируется ее поступлением из внутренних слоев и температура торфа практически не меняется. Коэффициенты тепломассопереноса остаются неизменными. На втором этапе температура материала повышается, коэффициенты тепломассообмена снижаются.

Рассмотрим подробнее первый этап сушки торфа и определим его характеристики для конкретного случая. Для этого представим изменение температуры при сушке торфа в виде краевой задачи:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad x \in (0; l), \quad t \in (0; T], \quad (1)$$

$$u(x; 0) = f(x), \quad (2)$$

$$u(0; t) = \varphi_1(t), \quad u(l; t) = \varphi_2(t), \quad (3)$$

где  $u$  - температура, °С;  $t$  - время, с;  $T$  - продолжительность процесса, с;  $x$  - координата, м;  $a$  - коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с.

Задача (1)-(3) описывает распространение тепла в массе торфа на ленте транспортера длиной  $l$ , если на концах поддерживается заданный температурный режим. Решим краевую задачу методом сеток с помощью неявной двухслойной разностной схемы [3] во внутренних узлах сетки:

$$\lambda u_{i+1,j} - (1+2\lambda)u_{ij} + \lambda u_{i-1,j} = -u_{i,j-1}, \quad i = 0,1,\dots,n, \quad j = 0,1,\dots,m, \quad (4)$$

$$\text{где } \lambda = \frac{\tau}{h^2}, \quad h = \frac{l}{n}, \quad \tau = \frac{T}{m}.$$

Для границ области:  $u_{0,j} = \varphi_1(t_j)$ ,  $u_{n,j} = \varphi_2(t_j)$  на нулевом временном слое  $u_{i,0} = f(x_i)$ . Данная схема (4) имеет погрешность  $O(\tau + h^2)$

На рисунке 1 изображена зависимость распределения температур в зависимости от координат в каждый момент времени процесса сушки при конкретном задании его характеристик:

$$x \in (0;10), \quad t \in (0;0,25], \quad f(x) = 20, \quad \varphi_1(t) = 2t + 2, \quad \varphi_2(t) = t + 20.$$

Из рисунка ясно виден временной интервал первого этапа сушки, где температура не меняется, а далее начинается повышение температуры при наступлении второго этапа.

В результате варьирования задания начальных и граничных условий краевой задачи (1)-(3) можно добиться оптимального времени «выдержки» (поддержания постоянной температуры в массе торфа) до наступления постоянной скорости процесса сушки.

Таким образом, разработанная методика позволяет оптимизировать процесс сушки торфа, что приводит к увеличению производительности, снижению энергоемкости, повышению количества качественной продукции и уменьшению теплотерь в окружающую среду.

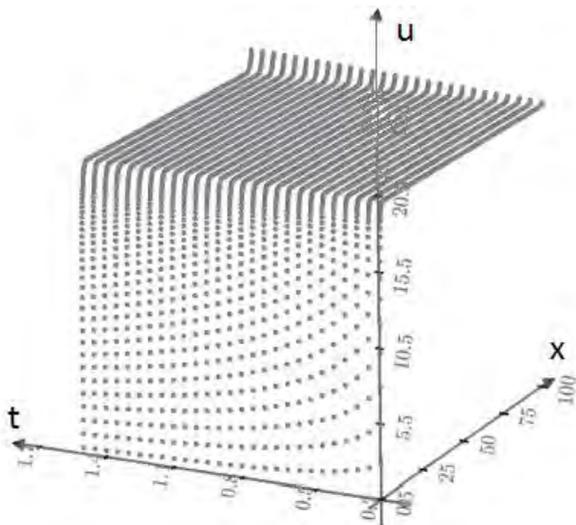


Рис. 1 – Зависимость распределения температур от координат и времени

Комплексное исследование и математическое моделирование взаимосвязанных процессов теплопереноса позволяет с единых методологических позиций решать природоохранные и технологические вопросы, касающиеся рационального использования сырьевых ресурсов.

#### Библиографический список

1. Березовский, Н.И. Разработка энергоэффективных технологий: монография / Н.И. Березовский. – Минск: БИП-С плюс, 2006. – 218 с.
2. Наумович, В.М. Сушка торфа и сушильные установки брикетных заводов / В.М. Наумович. – М.: «Недра», 1971. – 280 с.
3. Воронова, Н.П. Математическое моделирование и управление теплотехнологиями промышленных производств: монография / Н.П. Воронова. – Минск: БНТУ, 2009. – 260 с.