

СОЗДАНИЕ УЧЕБНО-КОНСУЛЬТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОТЕХНИКИ.

Портянкин А.А.

Научные руководители – д-р техн. наук Пискажова Т.В.,

канд. техн. наук Тинькова С.М.

Сибирский федеральный университет

Разработка электронных образовательных ресурсов является одним из наиболее важных направлений в Сибирском Федеральном Университете. Выпускник, прошедший обучение по любой из программ высшего профессионального образования, должен в полной мере владеть навыками работы в среде современных ИКТ. Исходя из этого, необходимо повышать уровень знаний будущих специалистов во время обучения в университете. Эту задачу можно решить путем создания специализированного программного обеспечения и внедрения ИТ в процесс подготовки будущих специалистов горно-металлургического комплекса.

Описание программного обеспечения

При изучении теплотехнических дисциплин студенты сталкиваются с задачами по определению параметров и переменных многослойной стенки. Для того чтобы учащиеся могли лучше представлять и понимать процессы теплопередачи и плавления (кристаллизации) гарнисажей, была создана специализированная программа.

Данная программа позволяет производить как статические расчеты, так и динамические:

Статические расчеты:

- расчет начальных переменных многослойной стенки при задании условий первого рода.
- расчет начальных переменных многослойной стенки при задании условий третьего рода.
- расчет толщины первого слоя многослойной стенки при задании условий первого рода.

Динамические расчеты при граничных условиях третьего рода включают:

- определение температур слоев многослойной стенки.
- определение толщины настыли на многослойной стенке при задании условий третьего рода.

На рисунке 1 представлен интерфейс программы:

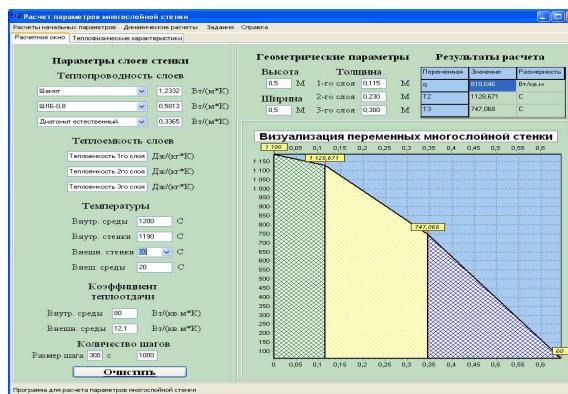


Рисунок 1 – Интерфейс программы.

При проектировании и анализе работы металлургических печей стоит вопрос об определении тепловых потерь через футеровку. Их расчет основан на уравнении теплопередачи:

$$q = k \cdot \Delta T; \quad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи, $k = \frac{1}{\sum R}$; $\sum R$ – сумма тепловых сопротивлений элементов системы; $\Delta T = T_{c1} - T_{c2}$ – температурный напор.

Уравнение (1) применимо как для граничных условий 1-го рода, так и для граничных условий 3-го рода. Основная проблема состоит в нахождении коэффициентов теплопроводности, поскольку они зависят от температуры, которая, как правило, неизвестна.

Для решения данной проблемы в программе был реализован метод «холодных сопротивлений» при стационарных условиях [2]. Были созданы базы данных по коэффициентам суммарной теплоотдачи, удельным тепловым потокам в окружающую среду, а также по теплофизическим характеристикам огнеупорных и теплоизоляционных материалов [1].

Базы позволяют оперативно задавать параметры реальных материалов и определять коэффициенты теплоотдачи и тепловые потоки.

Методика статических расчетов была более подробно рассмотрена в статье посвященной созданию учебно-консультационной программы для расчета и визуализации параметров и переменных многослойной стенки [1]. Интерфейс для отображения результатов расчета распределения температур в слоях многослойной стенки и толщины 1-го слоя в табличном и графическом виде при задании граничных условий 1-го рода представлены на рис. 2,3.

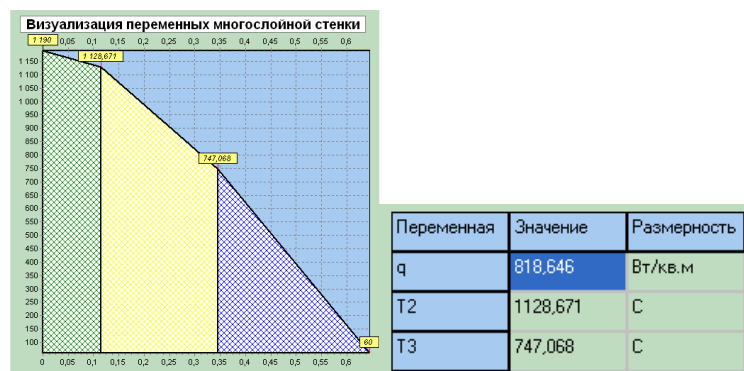


Рисунок 2 – Интерфейс для отображения результатов расчета в табличном и графическом виде для различных граничных условий.

Высота	Толщина
<input type="text" value="0.5"/> М	1-го слоя <input type="text" value="0.115"/> М
<input type="text" value="0.5"/> М	2-го слоя <input type="text" value="0.230"/> М
<input type="text" value="0.5"/> М	3-го слоя <input type="text" value="0.300"/> М

Рисунок 3 – Интерфейс для отображения результатов расчета толщины 1-го слоя при задании граничных условий 1-го рода.

Кроме программы статических расчетов реализована также программа для решения динамических задач. Реализован динамический расчет переменных многослой-

ной стенки позволяющий анализировать изменение тепловых потерь при различных воздействиях.

Расчет средних температур слоев осуществляется по балансовому уравнению:

$$m \cdot c \cdot \frac{dT}{dt} = Q_{\text{вх}} - Q_{\text{вых}}$$

Предлагается следующая система для расчета средних температур в слоях:

$$m_1 \cdot c_1 \cdot \frac{dT_1}{dt} = S \cdot k_1 \cdot (T_1 - \bar{T}_1) - S \cdot k_{1-2} \cdot (\bar{T}_1 - \bar{T}_2);$$

$$m_2 \cdot c_2 \cdot \frac{dT_2}{dt} = S \cdot k_{1-2} \cdot (\bar{T}_1 - \bar{T}_2) - S \cdot k_{2-3} \cdot (\bar{T}_2 - \bar{T}_3);$$

$$m_3 \cdot c_3 \cdot \frac{dT_3}{dt} = S \cdot k_{2-3} \cdot (\bar{T}_2 - \bar{T}_3) - S \cdot \alpha_{\text{внеш}} \cdot (T_3 - T_{\text{возд}}).$$

Средние коэффициенты теплопередачи рассчитываются по формулам:

$$k_1 = 2 \cdot \frac{\lambda_1}{\delta_1}; \quad k_{1-2} = 2 / \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right); \quad k_{2-3} = 2 / \left(\frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right).$$

Динамические изменения температур на границах слоев определяются по формулам:

$$T_2 = 2 \cdot \bar{T}_1 - T_1; \quad T_3 = 2 \cdot \bar{T}_2 - T_2; \quad T_4 = \bar{T}_3 - \left(\frac{Q_4}{S} \right) \cdot \left(\frac{\delta_3}{\lambda_3} \right).$$

На рис. 4 представлены результаты динамического расчета, как средних температур слоев, так и температур границ слоев стенки при подаче воздействия.

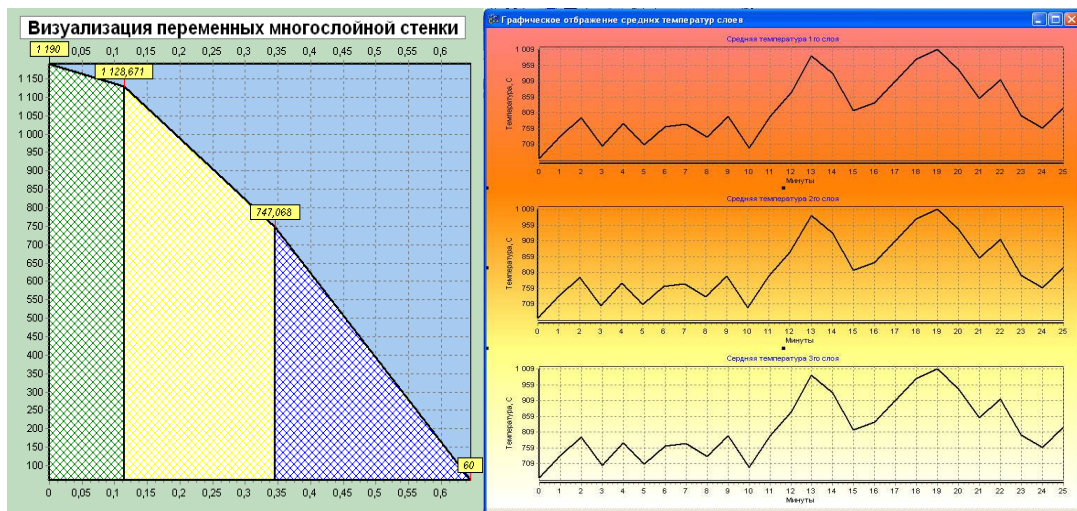


Рисунок 4 – Интерфейс для отображения результатов расчета температур многослойной стенки при задании граничных условий третьего рода.

В работе также был реализован динамический расчет толщины настыли на многослойной стенке при задании условий третьего рода.

Для решения этой задачи использовано следующее уравнение [3]:

$$\delta_{n+1} = 0,5 \cdot \left(\delta_n - \frac{dt \cdot \alpha_{\text{внут}} \cdot (T_0 - T_1)}{\rho_n \cdot L_n} \right) + \sqrt{0,25 \cdot \left(\delta_n - \frac{dt \cdot \alpha_{\text{внут}} \cdot (T_0 - T_1)}{\rho_n \cdot L_n} \right)^2 + \frac{2 \cdot dt \cdot \lambda_n \cdot (T_0 - T_1)}{\rho_n \cdot L_n}};$$

где δ – толщина настыли; α – коэффициенты внутренней теплоотдачи; λ – коэффициенты теплопроводности; ρ – плотность настыли; L – удельная теплота плавления; T_0, T_1 – температуры поверхностей слоев; dt – временной шаг.

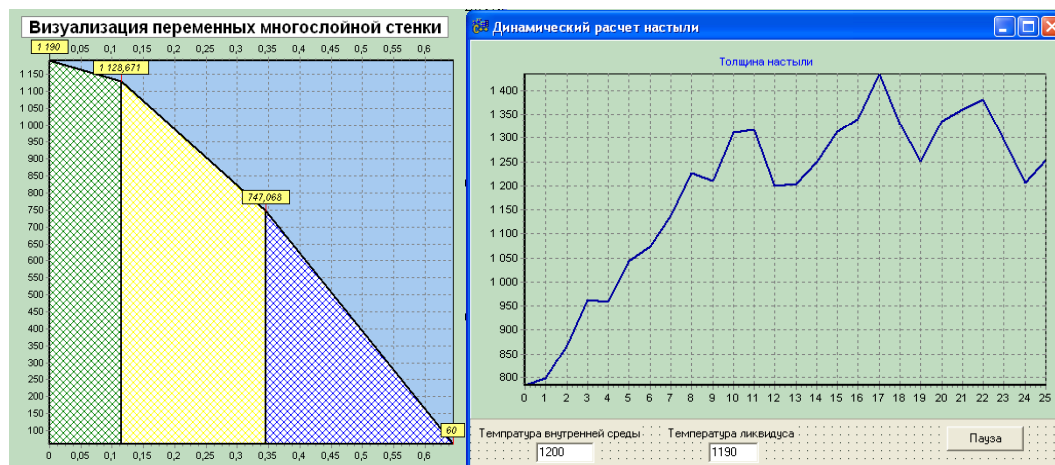


Рисунок 5 – Интерфейс для отображения результатов расчета толщины настыли при задании условий третьего рода.

Таким образом, разработанная учебно-консультационная программа позволяет мобильно анализировать тепловые и физические изменения при различных характеристиках материалов и подаваемых воздействиях, что позволяет экономить время и ресурсы для проведения подобных расчетов и представить расчетный материал как в табличном, так и в графическом виде.

Список используемых источников:

1. Конференция «Молодёжь и наука» 2013г. [Электронный ресурс]. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/thesis/s008/s008-007.pdf>
2. Тинькова С.М. Металлургическая теплотехника. Красноярск.: Государственный университет цветных металлов и золота, 2005. 143 с.
3. Белолипецкий В.М., Пискажова Т.В. Математическое моделирование процесса электролитического получения алюминия. Решение задач управления технологией. Красноярск.: Сибирский федеральный университет, 2013.271с.