

С. В. Иванова, Е. А. Вараксина, С. В. Картавцев

Магнитогорский государственный технический университет

им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

svetlanaivanovavn@gmail.com, varaksina1999@mail.ru,

kartavzw@mail.ru

СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ СТЕНКУ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССАХ

В работе проанализированы тепловые потери через однослойную и многослойную стенки. Построены графики зависимости толщины изоляционного материала от температуры стенки и зависимость плотности теплового потока от температуры стенки. Сделаны выводы об использовании пассивной изоляции стенки высокотемпературной установки.

Ключевые слова: *плотность теплового потока, тепловые потери, принудительное охлаждение, высокотемпературные процессы.*

S. V. Ivanova, E. A. Varaksina, S. V. Kartavtsev

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

REDUCING THERMAL LOSSES THROUGH THE WALL WITH APPLICATION OF FORCED COOLING IN HIGH-TEMPERATURE PROCESSES

The paper analyzes heat loss through a single-layer and multi-layer walls. Plots of the dependence of the thickness of the insulating material on the wall temperature and the dependence of the density of the heat flux on the wall temperature are constructed. Conclusions are drawn on the use of passive wall insulation of a high-temperature installation.

Keywords: *heat flux density, heat loss, forced cooling, high temperature processes.*

Промышленные комплексы невозможно представить без высокотемпературных процессов и установок (ВТПУ), отвечающих за процессы нагревания, плавления или охлаждения. Во всех ВТПУ протекают процессы теплообмена: перенос теплоты от одной среды через стенку к другой среде.

Одной из проблем ВТПУ является снижение тепловых потерь через стенку в окружающую среду, возникающих вследствие принудительного охлаждения, что приводит к увеличению расхода топлива.

Рассматривая высокотемпературный процесс, с температурой внутри реактора $t_{пл} = 1500 \text{ }^\circ\text{C}$, где теплота при сжигании топлива расходуется на процесс плавления и на потери в окружающую среду, а также отводится с уходящими дымовыми газами [1].

В качестве изоляционного материала были рассмотрены однослойная стенка из магнезитового огнеупора и многослойная стенка, состоящая из магнезитового, шамотного огнеупора и вермикулитовых плит.

Плотность теплового потока для однослойной стенки при стационарном режиме складывается из потери теплоты излучением и конвекцией [2, 3]:

$$q_1(t_{ст}) = q_{изл} + q_{конв} = \alpha(t_{ст} - t_{oc}) + C_0 \varepsilon [(t_{ст} + 273,15)^4 - (t_{oc} + 273,15)^4] \quad (1)$$

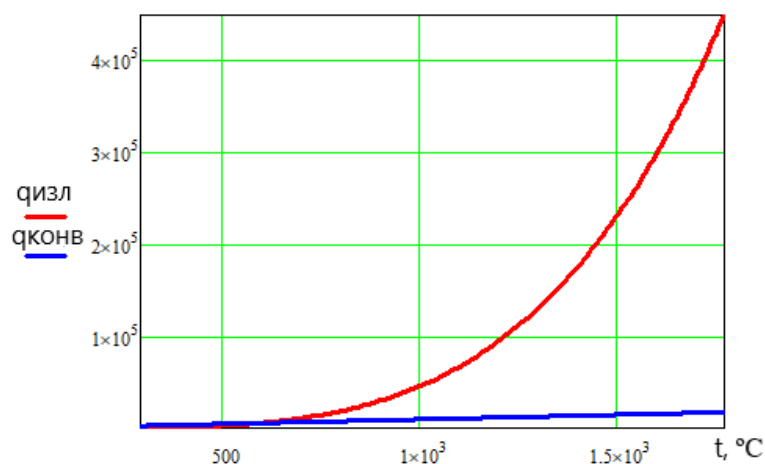


Рис. 1. Зависимость теплового потока конвекцией и излучением от температуры

На рис. 1 показано, что с ростом температуры стенки увеличиваются и потери в окружающую среду. Однослойная стенка позволяет незначительно снизить тепловые потери, для этого применяются дополнительные изоляционные материалы с низкой теплопроводностью.

При увеличении толщины изоляции, с целью снижения теплового потока, наблюдается зависимость температуры от толщины стенки реактора, представленная на рис. 2.

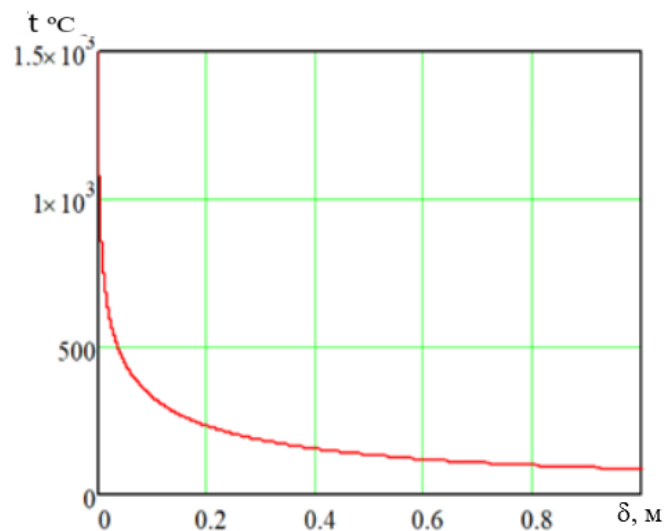


Рис. 2. Зависимость температуры от толщины стенки

На графике видно, что с увеличением толщины изоляционного материала снижается температура стенки реактора.

За счет применения изоляционных материалов с различными физико-химическими свойствами (таблица), уменьшается тепловой поток через стенку в зависимости от теплопроводности и толщины изоляционного материала [2, 3].

Характеристика изоляционных материалов

Характеристика	Магнезитовый огнеупор	Шамотный легковесный огнеупор	Вермикулитовые плиты
Теплопроводность λ , Вт/(м · К)	0,75	0,29	0,12
Толщина стенки δ , м	0,7	0,5	0,04

На рис. 3 представлена температурная карта, на которой видно как изменяется температура в зависимости от толщины стенки.

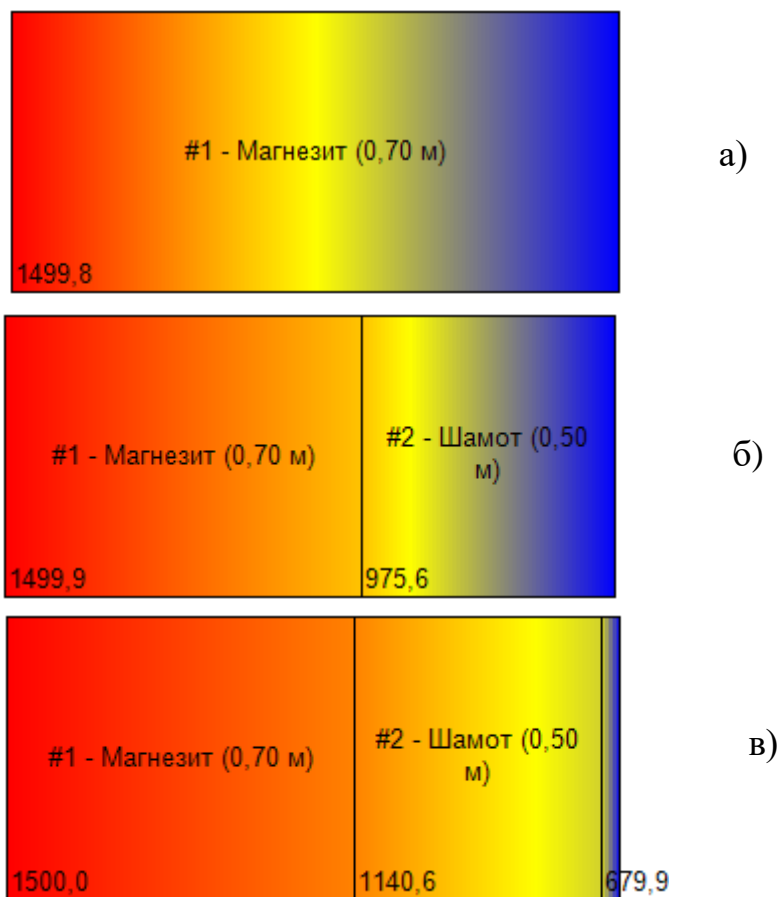


Рис. 3. Температурная карта однослойной и многослойной стенки:
а) однослойная 0,7 м; б) двухслойная 1,2 м; в) трехслойная стенка 1,25 м

Таким образом, применение многослойной стенки позволит снизить тепловой поток с 67,8 до 13,3 кВт/м², температура внешней стенки снизиться с 262 до 100 °С, но, вместе с этим, увеличивается толщина стенки ВТПУ с 0,7 до 1,25 м.

Пассивная изоляция требует увеличения габаритных размеров установки (толщина стенки более 1 м), в то время как активная изоляция позволяет значительно снизить тепловые потери и температуру стенки, при этом, не изменяя габаритные размеры установки.

В качестве активной изоляции используется пористая и перфорированная стенка с внутренним теплоиспользованием.

Пористая стенка включает в себя внутренний теплообмен, во время которого газ отбирает тепло от стенки при фильтрации к внешней поверхности, что позволяет снизить тепловой поток на 25 % и расход топлива на 50 % [4], применение перфорированной стенки в ВТПУ максимально снижает расход топлива – на 57 % [5] и относится к современному способу теплоизоляции.

Список использованных источников

1. Нешпоренко Е. Г., Картавец С. В. Вопросы энергоресурсосбережения при извлечении железа из руд : монография. Магнитогорск : ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 153 с.
2. Теплопередача : учебник для вузов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоиздат, 1981. 416 с.
3. Бикмухаметова К. М., Вафина Д. Э., Картавец С. В. Влияние потерь теплоты через ограждения в высокотемпературных теплотехнологических процессах // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти проф. Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 10–14 декабря 2018 г.); Екатеринбург : УрФУ, 2018. С. 99–102.
4. Крылов А. Н. Повышение эффективности стекловаренных печей на основе комплексной регенерации тепловых отходов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Крылов Андрей Николаевич; 05.14.04 / Моск. энергет. ин-т. Москва, 2007. 20 с.
5. Нешпоренко Е. Г., Картавец С. В., Сысуев Н. Е. Обоснование эффективности регенерации теплоты через перфорированные ограждения высокотемпературных установок // Вестник МГТУ им Г.И. Носова. 2013. № 1. С. 86–89.