

УДК 621.867.1

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА
КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ ПО ЕЕ ТОЛЩИНЕ ПРИ
ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ГОРЯЧИХ ГРУЗОВ**

Назаревич С.Л., магистрант,
Лебедев А.Н., канд. техн. наук, доц.,
Грудачев А.Я., канд. техн. наук, проф.
Донецкий национальный технический университет

Получена на основе теории распределения температур зависимость распределения температуры по толщине конвейерной ленты при транспортировании горячего груза, учитывающая конструктивные особенности и режимы ее эксплуатации.

Dependence of distributing of temperature on the thickness of conveyor ribbon at the portage of hot load is got on the basis of theory of distributing of temperatures, taking into account structural features and modes of exploitation.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В ряде технологических процессах в химической промышленности, в металлургии, коксохимических производствах и т. п. необходимо транспортировать горячие грузы ленточными конвейерами имеющие высокую температуру. В рекламных источниках, предлагают типы теплостойких конвейерных лент, в которых приводятся значения их максимальной температуры эксплуатации, при этом отсутствует прогноз срока их службы при различных условиях. Проблема транспортирования горячих грузов и разработка теории протекающих при этом тепловых процессов является важной практической задачей.

Анализ исследований и публикаций. Обзор литературы показал, что в основном проведен анализ конструкций, системы уравнений теплопроводности, сравнительные эксплуатационные испытания теплостойких конвейерных лент и их характеристики. Вопрос расчета нагрева ленты в процессе эксплуатации рассмотрен недостаточно. Только в работе Е.А. Мартишина, Н.В. Ананьева [1] приводится методика, и результаты расчета температурных полей в конвейерной ленте при транспортировании горячих грузов с температурой от 100 до 250 °С. Была разработана математическая модель по нагреву и охлаждению ленты, что позволяет решать возникающие на производст-

ве практические и теоретические задачи [2]. Математическая модель не показывает состояние конвейерной ленты и распределения температуры по толщине.

Постановка задачи. Анализ распределения температуры по толщине ленты при транспортировании горячих грузов, за время одного цикла, учитывающей конструктивные особенности и режимы эксплуатации установки, что позволит обосновать конструкцию за счет выбора толщины ее рабочей обкладки и возможные пути для увеличения срока ее службы.

Изложение материала и результаты. Вопросы теории выравнивания температур в телах различной формы в теплофизике рассматривал Н.Ю. Тайц [3].

При решении поставленной задачи ленту отождествляем с неограниченной пластиной, так как толщина значительно меньше ее длины и ширины.

При решении поставленной задачи для неограниченной пластины приняты:

поверхностные условия, выражают в следующем виде:

$$t /_{x=+S} = \varphi(\tau) = t_n, \quad (1)$$

где: S -толщина пластины;

t_n -постоянная величина;

начальное условие для неограниченной пластины:

$$t /_{\tau=0} = F(x) = t_c^o + \Delta t_0 \frac{x^2}{S^2}. \quad (2)$$

Общее решение уравнения теплопроводности:

$$t = \varphi(\tau) + \frac{1}{S} \sum_{l=1}^{\infty} \cos \delta_l \frac{x}{S} \cdot e^{-\delta_l^2 \frac{a\tau}{S^2} + S} \int_{-S}^{+S} [F(x) - \varphi(0)] \cos \delta_l \frac{x}{S} dx - \\ - 2 \sum_{l=1}^{\infty} \frac{(-1)^{l+1}}{\delta_l} \cos \delta_l \frac{x}{S} \cdot e^{-\delta_l^2 \frac{a\tau}{S^2}} \int_0^{\tau} e^{\delta_l^2 \frac{a\tau}{S^2}} \varphi'(\tau) d\tau \quad (3)$$

Подставив $\varphi(\tau)$ из (1) и $F(x)$ из (2) в общее решение (3) интегрируя и преобразуя, получим

$$t = t_n + (t_c^o - t_n) \sum_{l=1}^{\infty} \frac{4(-1)^{l+1}}{\delta_l^3} \cos(\delta_l \frac{x}{S}) e^{-\delta_l^2 \frac{a\tau}{S^2}}$$

или в общей форме

$$\theta = \frac{t - t_n}{t_c^o - t_n} = \phi_1 \left(\frac{a\tau}{S^2}; \frac{x}{S} \right)$$

Функция Φ_1 представляет отношение конечной разности температур к начальной. Поэтому, время выравнивания температур в теле при начальном их распределении и постоянной температуре поверхности можно определить по формулам и графикам, относящимся к варианту начальных условий при $x/S=0$.

Отношение разности температур поверхности и середины тела в процессе выравнивания Δt к начальной разности этих температур Δt_0 назовем степенью выравнивания температур и обозначим $\Delta t / \Delta t_0 = \delta$.

Обозначим $\frac{a\tau}{S^2} = W$, (4)

где: $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$ - коэффициент температуропроводности, м²/с;

τ - время, с;

λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

ρ - плотность, кг/м³;

c - теплоемкость Дж/(кг·К).

Степень выравнивания температур является функцией от критерия Фурье, т.е. $Fo=W$, и эта функция, которая зависит от степени выравнивания температур δ и от формы тела.

Зависимость вычисленную для тел различной формы с помощью приведенных решений, относящимся к условиям (1) (2), изображены графически в [3]. Зависимость для неограниченной пластины и промежутков, соответствующий параметрам конвейерной ленты при W от 0 до 2.

В отличии от процесса нагрева рассмотренных в [3] при которых рассматриваются тела с высокой теплопроводностью и значительной толщиной, тогда как конвейерная лента имеет значительно меньшую теплопроводность и небольшую толщину до 25 мм.

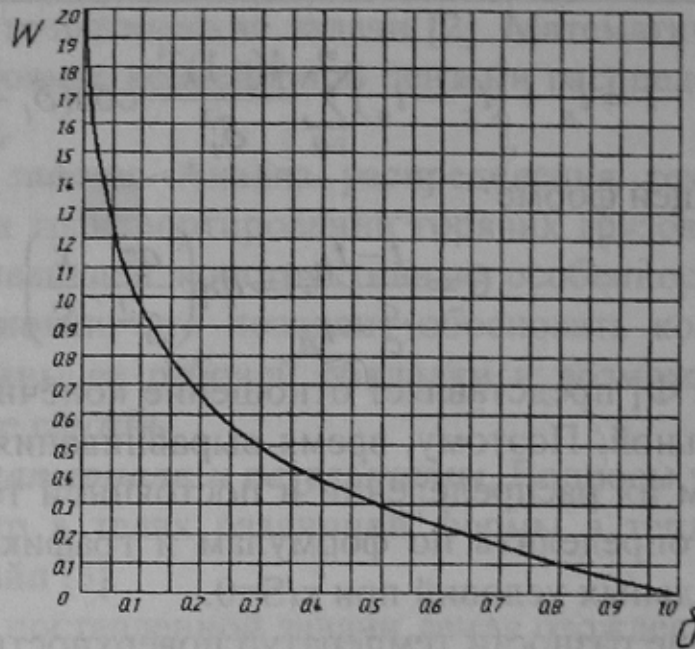


Рис. 1 График для определения продолжительности выравнивания температур для неограниченной пластины

Расчеты выполнены для следующих исходных данных: $S=0,02\text{м}$, $\rho=1200\text{кг/м}^3$, $\lambda=0,37\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$, $c=970\text{Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, $\tau=100\text{с}$, $t_{\text{ср}}=100^\circ\text{С}$, $t_n=20^\circ\text{С}$. По зависимости (4) с учетом рис. 1 получено распределение температуры по толщине конвейерной ленты приведенное на рис. 2.

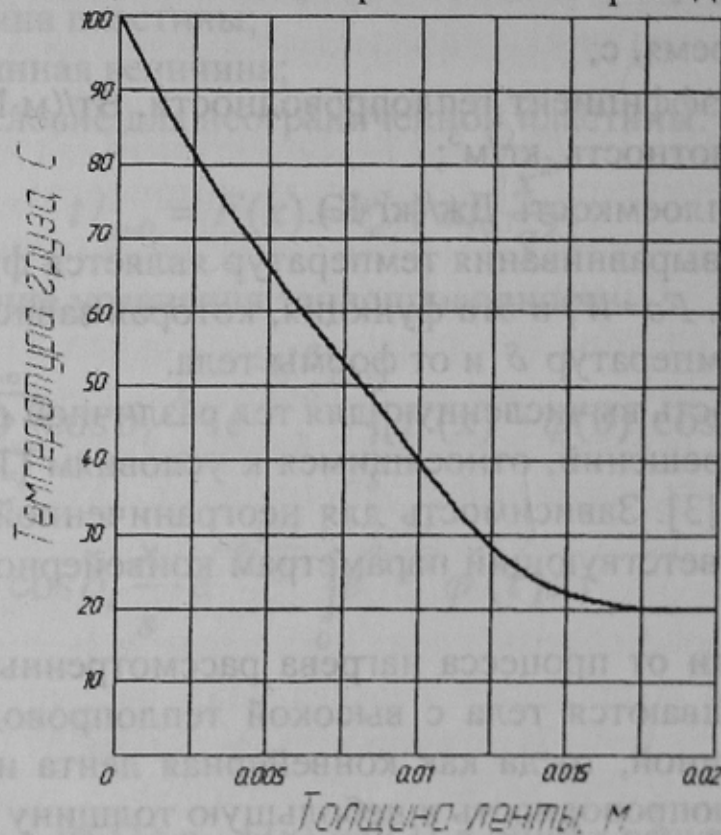


Рис. 2 График распределения температуры по толщине конвейерной ленты

Выводы и направления дальнейших исследований. Из полученных результатов следует, что нагрев по толщине ленты происходит неравномерно, на первой половине толщины ленты температура распределяется неравномерно от 100°C до 39°C . Во второй половине толщины ленты температура распределяется более равномерно от 30°C до 20°C . Поэтому лента по всей толщине за один цикл не успевает прогреться до температуры груза в данном конкретном примере. В дальнейших циклах работы в случае наличия технических средств охлаждения и обдува ленты на порожней ветви ее температура к моменту загрузки порции горячего груза снизится до температуры окружающей среды. В этом случае распределение температуры нагрева ленты на грузеной ветви будет, как и в первоначальном цикле, приведенном на Рис.2.

Полученная зависимость может быть использована для определения потребной толщины рабочей обкладки, при котором прокладки конвейерной ленты будут работать в зоне допускаемых температур.

Направлением дальнейших исследований изыскание методов и средств, для увеличения времени прогрева ленты и тем самым повышения срока ее эксплуатации.

Список источников.

1. Мартишин Е.А., Ананьев Н.В. Влияние теплофизических свойств элементов конвейерной ленты на ее тепловое состояние при транспортировании горячих грузов. – Каучук и резина, 1983, №11, с. 29-32.
2. Назаревич С.Л., Палкина С.В., Грудачев А.Я. Математическая модель сложного теплообмена горячего груза с конвейерной лентой при ее движении. Наукові праці ДонНТУ. Випуск 12 (113), серія гірничо-електромеханічна.- Донецьк: ДонНТУ, 2006, С.199-203.
3. Тайц Н.Ю. Технология нагрева стали. – М.:Металургиздат, 1961.- 432 с.

Дата поступления статьи в редакцию: 24.04.07