

УДК 621.86

## **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ТРУДНОГОРЮЧЕЙ ЛЕНТЫ, КАК КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА, В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ ПРИ ПОЛНОЙ ЕЕ ПРОБУКСОВКЕ НА КОНЦЕВОМ БАРАБАНЕ**

Т.П.Мищенко, соискатель, инженер

Научный руководитель: А.Я.Грудачев, к.т.н., доцент, профессор  
Донецкий национальный технический университет  
г. Донецк

Проанализированы существующие методы и установки для определения коэффициента теплопроводности различных материалов. Предложены опытная формула и схема экспериментального стенда для определения коэффициента теплопроводности многослойной трудногорючей конвейерной ленты. Приведена математическая модель процесса нагрева конвейерной ленты при полной пробуксовке ее на концевом барабане в условиях аварийной ситуации на шахтном ленточном конвейере  
нагрев, коэффициент теплопроводности, пробуксовка, композитный материал, аварийный режим, лента, концевой барабан, ролик, шахтный конвейер

### **Актуальность работы.**

В угольной промышленности имеют широкое применение ленточные конвейеры, которые являются одним из наиболее пожароопасных объектов [1]. Конвейерные ленты продолжают оставаться одним из главных источников возникновения и развития пожаров [2]. Поэтому вопросы предотвращения аварийных ситуаций, связанных с пожарами на ленточных конвейерах являются актуальными.

**Анализ исследований и публикаций.** Измерение коэффициента теплопроводности материалов в настоящее время регламентировано Межгосударственным стандартом ГОСТ 7076-99, который согласован с Международным стандартом ИСО 8301:1991. Существуют работы, в которых рассматривают теплофизические и физико-механические свойства композитных материалов. Это работы Д.В. Грахова, А.И. Ягупова, В.А. Михеева, В.Ш. Сулаберидзе, В.Д. Мушенко, Г.Н.Дульнева, П.А. Люкшина, Б.А. Люкшина, Н.Ю. Матолыгиной, С.А. Панина и других [3,4,5]. В частности, производятся измерения коэффициента теплопроводности материалов как с низкой, так и с высокой теплопроводностью, но на данном этапе ни одна методика не объясняет каким образом определяется коэффициент теплопроводности конвейерной ленты, как композитного материала.

Работы В.В. Курепина, Ю.В. Левочкина, В.М. Козина, И.В. Молокоедова, К.И. Абдуллаева [6,7] связаны с исследованиями и экспериментальным определением коэффициентов теплопроводности

различных материалов. Базовым методом измерения остается метод плиты [8]. Он позволяет определять коэффициент теплопроводности однородных материалов с достаточно высокой точностью, но как для композиционных материалов не применялся.

Возникновением пожаров на шахтных ленточных конвейерах и их причинами занимались и продолжают заниматься в настоящее время многие отечественные и зарубежные ученые и исследователи, в числе которых: Ю.Н.Ющенко, А.Н.Прима, И.Ф.Дикенштейн, В.И.Саранчук, Н.Я.Биличенко, А.Д.Дубинин, М.П.Александров, В.И.Бережинский, Л.С.Беляева и А.В.Бондаренко, Л.Я. Галушко, А.Л.Галушко, В.В.Гребенюк, А.Я.Грудачев, Ю.В.Заболотный, И.Е.Романюха, Н.И.Стадник, В.В.Радченко, В.А.Люева, А.В.Вяльцев и А.В.Фролов [1,2,9,10]. Однако вопросы нагрева ленты и возникновения аварийных режимов при полном заклинивании концевой барабана рассматриваются недостаточно полно.

**Постановка задачи.** Исследовать процесс нагрева трудногорючей ленты, как композитного материала, и привести математическую модель процесса нагрева ее и элементов конструкции шахтного конвейера, используя метод теплового баланса в режиме пробуксовки концевой барабана.

**Изложение материала.** Существует три основных аварийных режима ленточного конвейера, при которых выделяется большое количество тепла.

1. Процесс передачи тягового усилия в конвейерной ленте шахтного конвейера может вызывать пробуксовку ее на приводном барабане при недостаточном натяжении ленты в точке сбегания с привода.

2. Опасным является режим, когда на концевом барабане происходит заклинивание и лента движется по барабану с полной пробуксовкой.

3. При движении лента поддерживается и скользит по роликоопорам. Неисправность роликов приводит к их остановке – пробуксовке и силы прижатия ленты к ролику достаточно для возникновения между ними интенсивного трения с образованием большого количества тепла.

Во всех работах, в которых исследованы вопросы нагрева и возникновения пожароопасных ситуаций на приводном барабане ленточного конвейера, конвейерная лента рассматривается как однородное тело. В справочных материалах значение коэффициента теплопроводности резин и их разновидностей принимается в диапазоне от 0,05 до 1,161 Вт/(м\*град) [11].

Конвейерная лента представляет собой многослойный композитный материал, состоящий, как минимум из 3-4 слоев, каждый из которых имеет свою толщину, плотность и, собственно, свой коэффициент теплопроводности. Основным материалом резинотканевой конвейерной ленты – резина и ткань особого качества.

В рассматриваемой модели можно учесть коэффициент теплопроводности ленты, вычисляемый согласно опытной формуле [12] с использованием экспериментального стенда [13], принципиальная схема которого приведена на рисунке 1:

$$\lambda_{\text{ср.п}} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \delta_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i},$$

где

$\lambda_{\text{ср.п}}$  - среднее значение коэффициента теплопроводности шахтной трудногорючей ленты определенного типа, Вт/м\*град;

$\lambda_i$  - значение коэффициента теплопроводности слоя ленты, определенное опытным путем с помощью экспериментального стенда, Вт/м\*град;

$\delta_i$  - значение толщины слоя ленты, м.

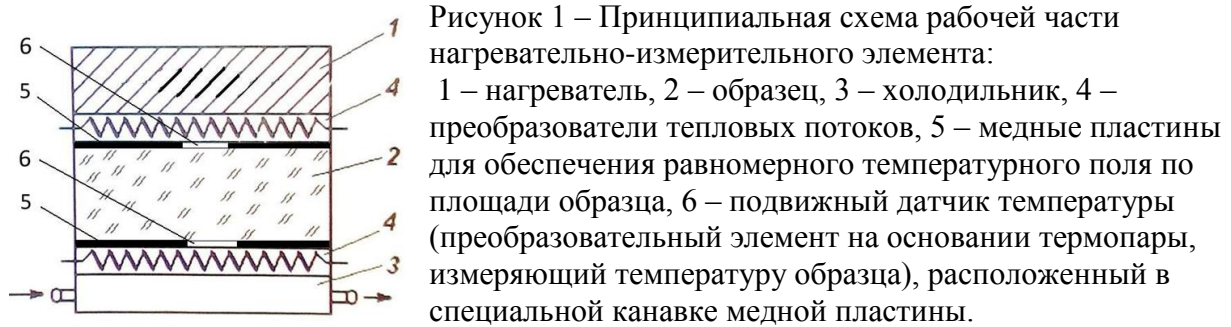


Рисунок 1 – Принципиальная схема рабочей части нагревательно-измерительного элемента:

1 – нагреватель, 2 – образец, 3 – холодильник, 4 – преобразователи тепловых потоков, 5 – медные пластины для обеспечения равномерного температурного поля по площади образца, 6 – подвижный датчик температуры (преобразовательный элемент на основании термопары, измеряющий температуру образца), расположенный в специальной канавке медной пластины.

Методика разработки математической модели процесса нагрева ленты и элементов конструкции шахтного конвейера в режиме пробуксовки концевой барабана основана на составлении теплового баланса [14]. Процесс выделения теплоты представлен как динамический. Часть тепла идет на нагрев ленты и элементов конструкции, а другая отводится излучением, естественной конвекцией от неподвижного барабана, вынужденной – от конвейерной ленты и теплопроводностью от барабана к ленте.

Рисунок 2 отображает аварийный режим на концевом барабане, при котором барабан не вращается, а лента движется с угловой скоростью.

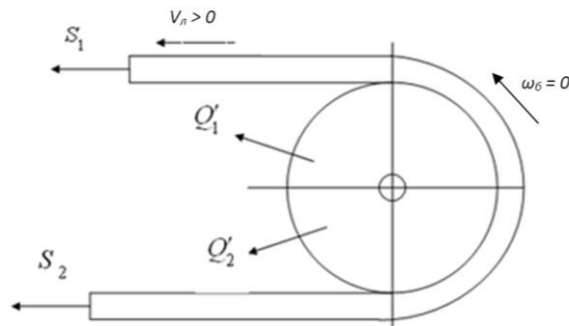


Рис. 2 – Отвод тепла в аварийном режиме

Процесс нагрева для данного режима производился по методу, основанному на составлении упрощенного уравнения теплового баланса для аварийного режима (рис.2) [14,15]:

$$Q'_{\text{обр}} \cdot T = Q'_{\text{нб}} + T \cdot (Q'_1 + Q'_2) \text{ ккал},$$

где

$Q'_{\text{обр}} = \frac{S}{g} \cdot \frac{V_{\text{л}}}{2} \cdot 3600 \cdot \eta \cdot A \cdot k_T$  - количество тепла, образованное при работе конвейера в аварийном режиме, ккал/ч;

конвейера в аварийном режиме, ккал/ч;

$Q'_{нб} = (c_{б} \cdot G_{б} + \mu \cdot c_{л} \cdot G_{л}) \cdot (t_{к} - t_0)$  - количество тепла, расходуемое на нагрев барабана и ленты, ккал;

$Q'_1 = c \cdot F_1 \left[ \left( \frac{273 + t_{к}}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + t_0}{100} \right)^4 \right]$  - количество тепла, отведенное

излучением, ккал/ч;

$Q'_2 = \alpha_1 \cdot F_2 \cdot (t_{к} - t_0)$  - количество тепла, отведенное естественной конвекцией, ккал/ч;

$T = \frac{60 \cdot Q'_{нб}}{Q'_{обр} - (Q'_1 + Q'_2)}$  - время нагрева ленты, мин.

В вышеуказанной модели приняты следующие допущения:

- температура в различных местах барабана, ленты и элементов конструкции одинакова;
- футеровка барабана отсутствует, следовательно, потери тепла, связанные с прохождением сквозь нее, не учитываются;
- конвейерная лента представляет собой однородный материал с соответствующими характеристиками.

Математическая модель процесса нагрева ленты в режиме заклинивания концевого барабана будет иметь вид [15]:

$$\left. \begin{aligned} Q'_1 &= c \cdot F_1 \left[ \left( \frac{273 + t_{к}}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + t_0}{100} \right)^4 \right], \text{ ккал/ч,} \\ Q'_2 &= \alpha_1 \cdot F_2 \cdot (t_{к} - t_0), \text{ ккал/ч,} \\ Q_{обр} &= \frac{S}{g} \cdot \frac{V_{л}}{2} \cdot 3600 \cdot \eta \cdot A \cdot k_T, \text{ ккал/ч,} \\ Q'_{нб} &= (c_{б} \cdot G_{б} + \mu \cdot c_{л} \cdot G_{л}) \cdot (t_{к} - t_0) \cdot 1.7, \text{ ккал,} \\ Q'_{обр} \cdot T &= Q'_{нб} + T \cdot (Q'_1 + Q'_2), \text{ ккал/ч.} \\ T &= \frac{60 \cdot Q'_{нб}}{Q'_{обр} - (Q'_1 + Q'_2)} \text{ мин.} \end{aligned} \right\}$$

### Выводы и направления дальнейших исследований.

В результате проведенных исследований приведена математическая модель процесса нагрева ленты на концевом барабане шахтного конвейера при аварийном режиме пробуксовки.

Направлением дальнейших исследований является анализ полученной модели с учетом результатов экспериментальных исследований многослойной трудногорючей конвейерной ленты.

### Список литературы.

1. Будишевский, В.А. Шахтный транспорт / В.А. Будишевский, В.Ф. Шавлак, Н.Д. Мухопад, А.А. Сулима, В.А. Кислун // изд.2-е, перераб.и доп. – Донецк, ГОУ ВПО «ДОННТУ», 2017 – 400 с.
2. Определение пожароопасности материала шахтных конвейерных лент. / Л.С. Беляева, А.В. Бондаренко, В.И. Саранчук, Л.Я. Галушко // Уголь Украины № 1. – 2000, с. 37 – 39.
3. Теплопроводность полимерного композита ALN-ЛАК КО 916К / Д.В. Грахов, А.И. Ягупов, А.И. Бекетов, А.Р. Баранов // Современные проблемы науки и образования № 5 – 2011.
4. Теплопроводность композиционного материала на основе силикона с нитридом алюминия в качестве наполнителя / В.А. Михеев, В.Ш. Сулаберидзе, В.Д. Мушенко // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. Выпуск № 4, том 59 – 2016, с. 317-322.
5. Определение эффективных теплофизических характеристик композиционного материала / П.А. Люкшин, Б.А. Люкшин, Н.Ю. Матолыгина. С.А. Панин // Физическая мезомеханика том 11 № 5 – 2008, с. 103-110.
6. Устройство для измерения теплопроводности. / В.В. Курепин, Ю.В. Левочкин, В.М. Козин, И.В. Молокоедов. // Ленинградский технологический институт холодильной промышленности. Патент № 866463. Всесоюзная патентно-техническая библиотека – 1981.
7. Устройство для измерения коэффициента теплопроводности. / К.И. Абдуллаев // Азербайджанский политехнический институт имени Чингиза Ильдрима. Патент № 1004839. Всесоюзная патентно-техническая библиотека – 1983.
8. Нащокин, В.В. Техническая термодинамика и теплопередача / под ред. Проф. В.С. Силецкого // издательство «Высшая школа», М. – 1969, с. 520-521.
9. Пути увеличения срока службы быстроизнашиваемых поверхностей и конвейерных лент / А.Я. Грудачев, Ю.А. Беломестнов, В.А. Фифиндик, В.В. Баштырев, С.П. Коваленко // Уголь Украины. – 2001. - № 4, с. 33 – 36.
10. Предупреждение пожароопасного нагревания приводного барабана ленточного конвейера. / Ю.Н. Ющенко, А.Н. Прима, И.Ф. Дикенштейн // Горноспасательное дело, выпуск 48, – 2011, с. 106-114.
11. Казанцев, Е.И. Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования / Москва «Металлургия» - 1975 – с. 118.
12. Анализ методик определения коэффициента теплопроводности материалов применительно к конвейерной ленте, как композиционного материала / Т.П. Мищенко, А.Н. Лебедев, А.Я. Грудачев // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Инновационные перспективы Донбасса», 24-25 мая 2017 года. Донецк, ГОУ ВПО «ДонНТУ» - МОН ДНР 2017 – с.40-44
13. Анализ конструкций экспериментальных устройств для измерения теплопроводности различных материалов / Т.П. Мищенко // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Инновационные перспективы Донбасса», 24-25 мая 2017 года. Донецк, ГОУ ВПО «ДонНТУ» - МОН ДНР 2017 – с.45-48
14. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи / Москва, «Энергия», 1977. – с. 344.
15. Математическая модель процесса нагрева конвейерной ленты в аварийном режиме при полной пробуксовке ее на концевом барабане шахтного ленточного конвейера / Т.П. Мищенко, Д.В. Хананов, А.Я. Грудачев // Материалы XVII международной научно-технической конференции «Горная энергомеханика и автоматика», 21 – 23 ноября 2017 года. Донецк, ГОУ ВПО «ДонНТУ»-МОН ДНР 2017 – с.50-55