

УДК 621.86

Д.В. Хананов, специалист,
ОАО «Шахтоуправление «Донбасс»,
А.Я. Грудачев, канд. техн. наук, проф.,
Донецкий национальный технический университет

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА НАГРЕВА НЕПОДВИЖНОГО ОТКЛОНЯЮЩЕГО БАРАБАНА ПРИ ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ДВИЖУЩЕЙСЯ ЛЕНТОЙ КОНВЕЙЕРА В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Разработана и исследована математическая модель процесса нагрева ленты при пробуксовке ленты по неподвижному отклоняющему барабану в аварийных режимах работы. Установлены временные параметры достижения критических температур.

пробуксовка, аварийный режим, лента, возгорание, шахтный конвейер

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Известен ряд трагедий, связанных с загоранием лент [1]. Важность темы обуславливается необходимостью повышения безопасности при эксплуатации шахтных ленточных конвейеров. Проведенный анализ показал что, на шахтах Украины из числа произошедших экзогенных пожаров около 25% возникло из-за воспламенения конвейерных лент. Основной причиной является пробуксовка приводных барабанов, вследствие чего возникло примерно 80% пожаров.

В случае аварийного заклинивания или поломки отклоняющего барабана конвейера, например, натяжного, движущаяся лента скользит по поверхности последнего, при этом выделяется тепло, приводящее к его нагреву. В случае отсутствия или отказа аппаратуры защиты возможно возникновение пожара. Такая трагедия с человеческими жертвами произошла на ленточном конвейере шахты «Украина» объединения «Селидовуголь» в 2002 году.

Изучение этой темы даст возможность получить данные для рационального использования устройств контроля, устройств устранения неполадок и негативных последствий.

Анализ исследований и публикаций. Вопросами, связанными с нагревом, возгоранием, возникновением пожаров на шахтных ленточных конвейерах занимались и занимаются отечественные и иностранные исследователи и ученые, в числе которых: д-ра техн. наук В.И.Саранчук, Н.Я.Биличенко, А.Д.Дубинин, М.П.Александров,

В.И.Бережинский; канд-ты техн. наук Л.С.Беляева и А.В.Бондаренко, Л.Я. Галушко, А.Л.Галушко, В.В.Гребенюк, Ю.В.Заболотный, И.Е.Романюха, Н.И.Стадник, В.В.Радченко, В.А.Люева, В.С.Трошило, В.Г.Пилецкий.

Этими вопросами занимался ряд научных организаций, в числе которых, МГГУ, ДонНТУ, МакНИИ, ВостНИИ, НИИГД, ИнФОУ НАН Украины, Донгипроуглемаш, ВНИИПТМАШ, Национальная горная академия Украины [1, 2, 3].

Постановка задачи. Для разработки и исследования математической модели процесса нагрева неподвижного барабана при полной пробуксовке конвейера, поставлены следующие задачи:

- разработать математические модели процесса нагрева ленты;
- исследовать процесс нагрева неподвижного барабана в режиме полной пробуксовки по нему ленты;
- обосновать временные параметры достижения лентой и барабаном критических значений температур.

Изложение материала и результаты. Аварийный режим работы ленточного конвейера сопровождается выделением большого количества тепла. Методика определения времени нагрева элементов конвейера до критических температур учитывает динамический процесс теплообмена. Под критическими температурами [2] понимают:

- 1) температуру самовоспламенения ленты в агрегатном состоянии;
- 2) температуру тления ленты в агрегатном состоянии;
- 3) температуру самовоспламенения измельченных частиц ленты и футеровки;
- 4) температуру тления измельченных частиц ленты и футеровки.

Приводной барабан при пробуксовке ленты нагревается до температуры, которая может превышать температуру тления мелкодисперсных частиц истирания ленты. Так, в шахтах отмечен нагрев барабана выше 100°C , а измерения температуры барабана при испытаниях в лаборатории трением ленты (табл. 1) показали, что для 25 испытанных лент температура барабана была в пределах 290°C - 440°C , а для 11 лент она превышала 330°C [2].

В режиме аварийно заклиненного барабана тепло, образованное за счет трения ленты о барабан будет расходоваться на нагрев этих элементов, и отводиться излучением, естественной конвекцией от неподвижного барабана, вынужденной - от конвейерной ленты и теплопроводностью от барабана к ленте (рис. 1).

Таблица 1 - Температуры воспламенения и тления ленты, футеровки и измельченных частиц ленты и футеровки

Наименование образцов	Температура самовоспламенения, °С	Температура тления, °С
Образцы ленты в агрегатном состоянии	286-350	185
Измельченные частицы ленты	255	97
Образцы резиновой футеровки приводного барабана	294	не определялась
Измельченные частицы футеровки приводного барабана	290	не определялась

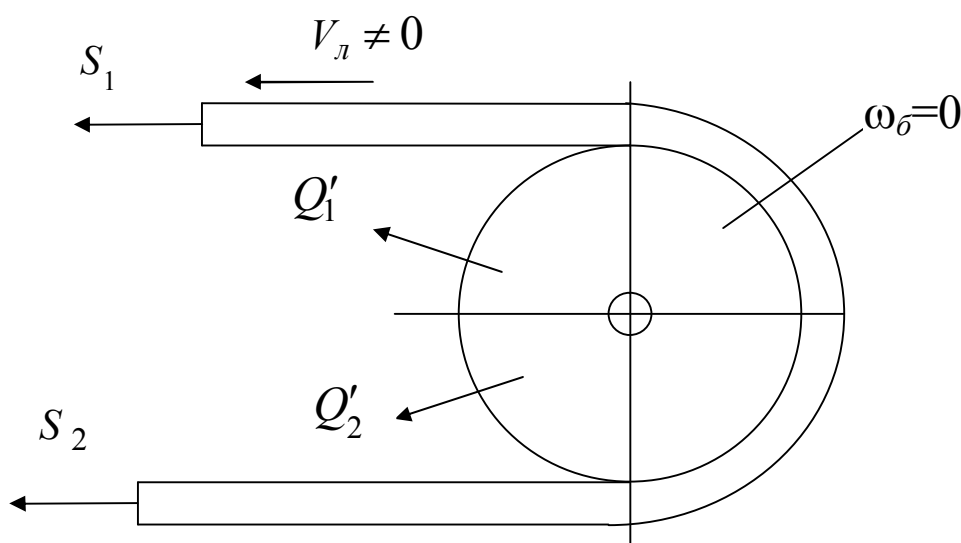


Рисунок 1 – Схема отвода тепла при трении ленты по заклиненному барабану

Уравнение теплового баланса в этом режиме имеет вид

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

где $Q'_{обр}$ - количество тепла, образованное при работе конвейера, ккал/ч; $Q'_{нб}$ - количество тепла, расходуемое на нагрев барабана и ленты, ккал; Q'_1 - количество тепла, отведенное излучением, ккал/ч; Q'_2 - количество тепла, отведенное естественной конвекцией, ккал/ч.

Принятое допущение - температура в различных местах барабана одинакова.

Количество тепла, излучаемое в окружающую среду

$$Q'_1 = c \cdot F_1 \left[\left(\frac{273 + t_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_0}{100} \right)^4 \right] \text{ ккал/ч,} \quad (1)$$

где F_1 - площадь излучения, включающая в себя площади поверхностей участка барабана, не охваченного лентой и торцевых элементов барабана, m^2 ; c - коэффициент излучения от поверхности F , для матовой поверхности $c = 4,3$ ккал/ $m^2 \cdot ч \cdot град$; t_1 - максимально допустимая температура для выбранного типа ленты; t_0 - температура окружающей среды.

Количество тепла, отводимое конвекцией при неподвижном барабане

$$Q'_2 = \alpha_1 F_2 (t_1 - t_0) \text{ ккал/ч,} \quad (2)$$

где $\alpha_1 = 5 \div 7,5$ ккал/ $m^2 \cdot ч \cdot град$ - коэффициент теплоотдачи при неподвижном барабане, чем лучше условия циркуляции воздуха, тем больше принимаемое значение α_1 ;

F_2 - суммарная площадь поверхности барабана, не перекрытая лентой, m^2 .

Количество тепла, образующегося при работе конвейера в аварийном режиме в течении часа

$$Q_{обр} = \frac{S}{g} \cdot \frac{V_l}{2} \cdot 3600 \eta A k_T \text{ ккал/ч,} \quad (3)$$

где $S = S_1 + S_2$ - суммарное натяжения в точках набегания и сбегания с неподвижного барабана; η - КПД привода; A - механический эквивалент теплоты, $A=1/427$ ккал/ $m \cdot кг$; k_T - коэффициент, учитывающий трение между барабаном и лентой.

Количество тепла, расходуемое на нагрев барабана и ленты

$$Q'_{нб} = (c_b G_b + 0,10 c_l G_l) \cdot (t_1 - t_0) \text{ ккал,} \quad (4)$$

где G_b - масса барабана; G_l - масса участка ленты на дуге обхвата; c_l - теплоемкость материала ленты, ккал/ $кг \cdot град$, величина различна для различных типов лент; c_b - теплоемкость материала барабана, ккал/ $кг \cdot град$, для стали $c = 0,11$ ккал/ $кг \cdot град$.

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$Q'_{обр} = Q'_1 + Q'_2$$

Количество тепла, отводимое за время T , будет равно $(Q'_1 + Q'_2) \cdot T$. Тогда, учитывая количество тепла, расходуемого на нагрев барабана и ленты, уравнение теплового баланса примет вид

$$Q'_{обр} \cdot T = Q'_{нб} + T \cdot (Q'_1 + Q'_2). \quad (5)$$

Время нагрева ленты конвейера до критической температуры в аварийном режиме

$$T = \frac{60 \cdot Q'_{нб}}{Q'_{обр} - (Q'_1 + Q'_2)} \text{ мин.} \quad (6)$$

Совокупность выражений (7) представляет собой математическую модель процесса нагрева ленты в режиме заклинивания концевого барабана.

$$\left. \begin{aligned} Q'_1 &= cF_1 \left[\left(\frac{273+t_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{273+t_0}{100} \right)^4 \right] \text{ ккал/ч,} \\ Q'_2 &= \alpha_1 F_2 (t_1 - t_0) \text{ ккал/ч,} \\ Q'_{обр} &= \frac{S}{g} \cdot \frac{V_l}{2} \cdot 3600 \eta A k_T \text{ ккал/ч,} \\ Q'_{нб} &= (c_{б} G_{б} + 0,1 c_l G_l) (t_1 - t_0) \cdot 1,7 \text{ ккал,} \\ Q'_{обр} T &= Q'_{нб} + T (Q'_1 + Q'_2) \text{ ккал,} \\ T &= \frac{60 Q'_{нб}}{Q'_{обр} - (Q'_1 + Q'_2)} \text{ мин.} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Исходя из вышеприведенной системы уравнений было получено время нагрева неподвижного барабана в аварийном режиме работы конвейера (табл. 2), что позволит уточнить требования к безопасности эксплуатации установки

Таблица 2 - Значения времени нагрева ленты и барабана конвейера до критических температур при различных суммарных натяжениях ветвей ленты ШР 1000-1000-5-EP-200- 4-2 ТГ ГСТУ 12.0018579.001-99, $t_0 = 30C^{\circ}$, $V_l = 3,15 м/с$

S, Н	Время T (мин) достижения критической температуры t (°C)					
	Температура тления, °C		Температура самовоспламенения, °C			
	97	185	255	290	300	350
25000	5,33	13,77	23,45	-	-	-
30000	4,41	11,16	18,40	23,35	25,04	-
35000	3,76	9,38	15,14	18,89	20,12	28,10
40000	3,27	8,09	12,86	15,85	16,82	22,82
45000	2,90	7,11	11,18	13,66	14,45	19,21
50000	2,60	6,35	9,88	12,00	12,66	16,59
55000	2,36	5,73	8,86	10,70	11,27	14,59

Выводы и направления дальнейших исследований. На основании полученных зависимостей представляется возможным в аварийном режиме работы конвейера при заклиненном концевом барабане спрогнозировать время его нагрева до температуры тления и самовоспламенения ленты, что позволит уточнить требования к безопасности эксплуатации установки и защитной автоматической аппаратуре.

Направлением дальнейших работ являются экспериментальные исследования вышеуказанного процесса применительно к шахтной трудногорючей ленте.

Список литературы

1. Левкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины / Н.Б. Левкин. – Донецк: Донбасс, 2002. – 392 с.
2. Ткачук С.П. Взрывопожаробезопасность горного оборудования / С.П.Ткачук, В.П.Колосюк, С.А. Ихно. – К.: Основа, 2000. – 590 с.
3. Трошило В.С. Исследование нагрева ленты конвейера при пробуксовке приводного барабана / В.С.Трошило, В.Г. Пилецкий // Гірнича електромеханіка та автоматика. – Дніпропетровськ: Національна гірнича академія України, 1999. – С. 200-204.
4. Александров М. П. Тормоза подъемно-транспортных машин / М. П. Александров. - М.: Машиностроение, 1976. – 390с.
5. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А.Михеев, И.М. Михеева. – М.: Энергия, 1977. – 344с.

Д.В. Хананов, А.Я. Грудачев. *Аналіз процесу нагріву нерухомого відхиляючого барабану при його взаємодії з рухомою стрічкою конвеєра в аварійному режимі роботи. Розроблена і досліджена математична модель процесу нагріву стрічки під час її пробуксовки по нерухомому відхиляючому барабану в аварійних режимах роботи. Встановлені часові параметри досягнення критичних температур.*

пробуксовка, аварійний режим, стрічка, запалення, шахтний конвеєр

D.Hananov, A.Grudachev. *Analysis of the Heating Process of a Motionless Rejecting Drum during its Interaction with a Moving Band Conveyor Belt in an Emergency Mode. The mathematical model of conveyor belt heating process under its slipping over a motionless rejecting drum in emergency modes is developed and investigated. Temporary parameters for achieving the critical temperature are determined.*

skidding, emergency state, conveyor belt, ignition, band conveyor

Стаття надійшла до редколегії 26.10.2010

Рецензент: зав. каф. ГЗТіЛ ДонНТУ, канд. техн. наук, проф. В.О. Будішевський