

УДК 621.86

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ЛЕНТЫ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ ШАХТНОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Т.П.Мищенко,

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР

*Приведено уточнение математических моделей процесса нагрева конвейерной ленты при эксплуатации шахтного ленточного конвейера, анализ и исследование аварийных режимов его работы*

*The specification of mathematical models of the process of heating a conveyor belt during the operation of a mine belt conveyor, analysis and investigation of its emergency operation modes, analysis and study of its emergency operation conditions are given*

*Ключевые слова: процесс, нагрев, пробуксовка, аварийный режим, лента, приводной барабан, натяжной барабан, роlikоопора, шахтный конвейер*

*Keywords: process, heating, slip, emergency mode, belt, drive drum, tension drum, roller coil, mine conveyor*

Добыча угля подземным способом – сложный производственный процесс, эффективность которого во многом зависит от состояния подземного транспорта. Шахтные конвейерные ленты продолжают оставаться одним из главных источников возникновения и развития пожаров[1]. Основной причиной пожароопасных ситуаций является их воспламенение в результате трения ленты о барабан и элементы конструкции.

Вопросами возникновения, причинами и последствиями пожароопасных ситуаций на шахтных ленточных конвейерах, занимались и занимаются в настоящее время многие ученые, исследователи и производственники [1-5]. А также не обошли стороной данную тему и научные организации, такие как: МГГУ, ДОННТУ, МакНИИ, ВостНИИ, НИИГД, Донуглемаш, ВНИИПТМАШ и другие.

Целью данного исследования является изучение процесса нагрева конвейерной ленты при эксплуатации шахтного ленточного конвейера.

Аварийные режимы работы ленточных конвейеров сопровождаются выделением большого количества тепла. В данной работе разрабатывается методика определения времени нагрева ленты и элементов конструкции конвейера до критических температур, которая учитывает динамический процесс теплообмена. Исследование процесса нагрева ленты в аварийных режимах шахтного ленточного конвейера основывается на составлении уравнения теплового баланса.

$$Q_{обр} \cdot T = Q_{нб} + T \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n) \text{ Вт,}$$

### Режим 1. – Полная пробуксовка приводного барабана.

На рис. 1 показано, что тепло, образованное в результате трения барабана о ленту, будет расходоваться на нагрев этих элементов, и отводиться излучением, естественной конвекцией от участка ленты и вынужденной конвекцией от торцевых поверхностей барабана, внутренней цилиндрической поверхности обода, цилиндрических поверхностей ступиц и вала.

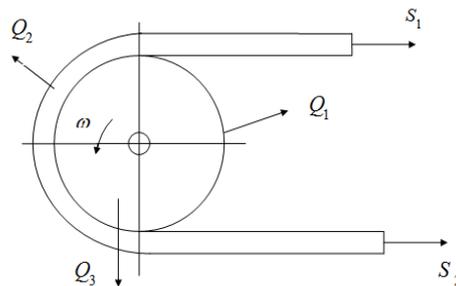


Рисунок 1 – отвод тепла в режиме 1.

Уравнение теплового баланса для данного режима:

$$Q_{обр} \cdot T = Q_{нб} + T \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

где  $Q_{обр}$  - количество тепла, образованное при работе конвейера в режиме 1, Вт;

$Q_{нб}$  - количество тепла, расходуемое на нагрев барабана и ленты, Дж;

$Q_1$  - количество тепла, отведенное излучением, Вт;

$Q_2$  - количество тепла, отведенное естественной конвекцией, Вт;

$Q_3$  - количество тепла, отведенное вынужденной конвекцией, Вт;

$T$  - время нагрева с момента возникновения режима 1.

Математическая модель процесса нагрева ленты в режиме полной пробуксовки приводного барабана в аварийном режиме 1. Исследования процесса нагрева ленты в режиме полной пробуксовки приводного барабана в аварийном режиме при изменении скорости

барабана и суммарного усилия, действующего на него, показаны на рисунке 2.

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \varepsilon \cdot C_0 \cdot F_0 \left[ \left( \frac{273+t_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{273+t_0}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт,} \\
 Q_2 &= \alpha_1 \cdot F_{Л1} (t_1 - t_0) \text{ Вт,} \\
 Q_{31} &= 6.14 (t_1 - t_0) \cdot 4.52 \cdot \omega_0^{0.78} \cdot (R_2^{2.78} - R_1^{2.78}) \text{ Вт,} \\
 Q_{32} &= 6.14 \cdot (t_1 - t_0) \cdot \omega_0^{0.78} \left( F_n \cdot R_2^{0.78} + 2 \cdot F_{нво} \cdot R_{нво}^{0.78} + \right. \\
 &\quad \left. + 2 \cdot F_{см} \cdot R_{см}^{0.78} + 2 \cdot F_6 \cdot R_6^{0.78} \right) \text{ Вт,} \\
 Q_3 &= Q_{31} + Q_{32} \text{ Вт,} \\
 Q_{обр} &= R \cdot V_n \cdot k_T, \text{ Дж/с,} \\
 Q_{нб} &= (c_б G_б + c_л G_л) \cdot (t_1 - t_0) \text{ Дж,} \\
 Q_{обр} \cdot T &= Q_{нб} + T \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3). \\
 T &= \frac{Q_{нб}}{Q_{обр} - (Q_1 + Q_2 + Q_3)}, \text{ с.}
 \end{aligned}$$

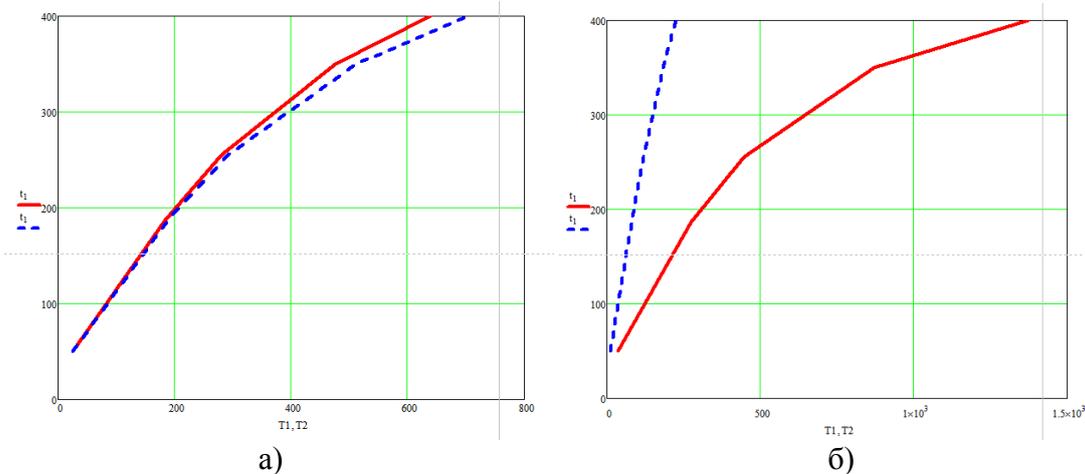


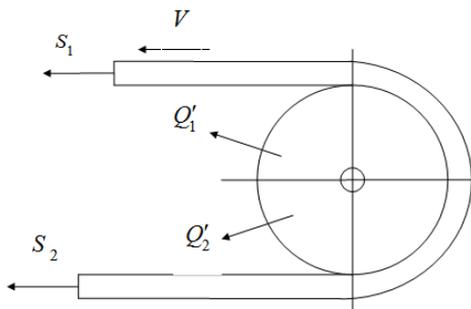
Рисунок 2 – Исследования процесса нагрева ленты в режиме полной пробуксовки приводного барабана в аварийном режиме: а) при изменении скорости барабана  $\omega_1=2,5$  м/с,  $\omega_2=3,15$  м/с; б) при изменении усилия  $R_1= 25000$  Н,  $R_2=75000$  Н.

### Режим 2. – Пробуксовка натяжного барабана.

В этом режиме (рис. 3) тепло, образованное трением 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.

Уравнение теплового баланса для режима 2 имеет вид

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



Где  $Q'_{обр}$  - количество тепла, образованное при работе конвейера в режиме 2, Вт;

$Q'_{нб}$  - количество тепла, расходуемое на нагрев барабана и ленты, Дж/с;

$Q'_1$  - количество тепла, отведенное излучением, Вт;

$Q'_2$  - количество тепла, отведенное естественной конвекцией, Вт;

Рисунок 3 – отвод тепла в режиме 2

Математическая модель процесса нагрева ленты в режиме ее полной пробуксовки на натяжном барабане. Исследования процесса нагрева ленты в режиме полной пробуксовки ленты на натяжном барабане аварийном режиме при изменении скорости ленты и суммарного усилия, действующего на барабан, показаны на рисунке 4.

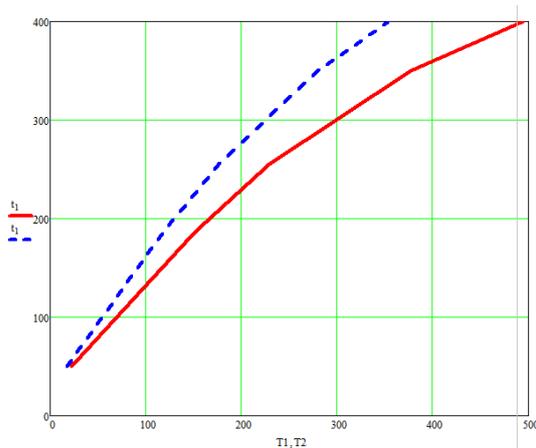
$$Q'_1 = \varepsilon \cdot c_0 \cdot F_1 \left[ \left( \frac{273+t_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{273+t_0}{100} \right)^4 \right] \text{ Вт},$$

$$Q'_2 = \alpha_1 \cdot F_2 \cdot (t_1 - t_0) \text{ Вт},$$

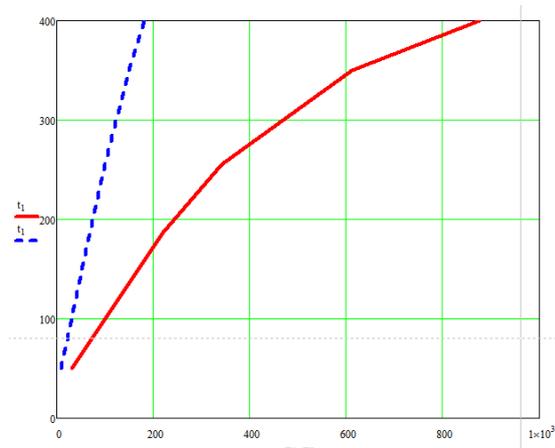
$$Q_{обр} = R \cdot V_l \cdot k_T, \text{ Вт}, Q'_{нб} = (c_{б} \cdot G_{б} + 0,10 \cdot c_l \cdot G_l) \cdot (t_1 - t_0) \text{ Дж},$$

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

$$T = \frac{Q'_{нб}}{Q'_{обр} - (Q'_1 + Q'_2)} \text{ с.}$$



а)



б)

Рисунок 4 – Исследования процесса нагрева ленты в режиме полной пробуксовки ее на натяжном барабане в аварийном режиме а) при изменении скорости ленты  $V_{л1}=2,5$  м/с,  $V_{л2}=3,15$  м/с; б) при изменении усилия  $R1= 25000$  Н,  $R2=75000$  Н.

### Режим 3. – Заклинивание роликоопоры

В данном аварийном режиме (рис. 5) тепло, образованное трением ленты о ролик будет расходоваться на нагрев этих элементов, отводиться излучением, естественной конвекцией от неподвижного ролика, теплопроводностью от ролика к ленте и уноситься движущейся лентой.

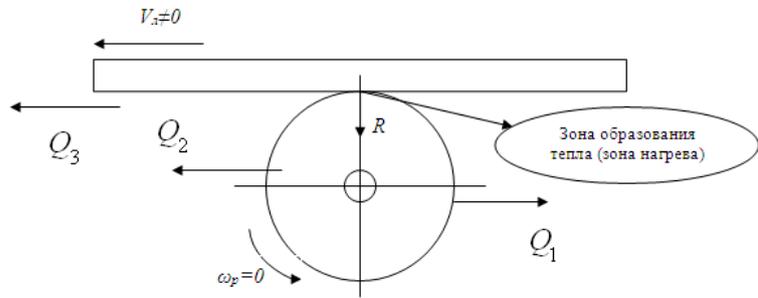


Рисунок 5 – отвод тепла в режиме 3.

Уравнение теплового баланса для данного режима

$$Q''_{обр} * T = Q''_{нр} + T(Q''_1 + Q''_2 + Q''_3),$$

где

$Q''_{обр}$  – количество тепла, образованное при работе конвейера в единицу времени, Вт;

$Q''_{нр}$  – количество тепла, расходуемое на нагрев ролика и ленты, Дж;

$Q''_1$  – количество тепла, отведенное излучением, Вт;

$Q''_2$  – количество тепла, отведенное естественной конвекцией, Вт;

$Q''_3=0$  – количество тепла, уносимое движущейся лентой, Вт.

Математическая модель процесса нагрева роликоопоры в режиме ее заклинивания:

$$Q_1'' = \varepsilon \cdot C_0 \cdot F_p \left[ \left( \frac{273+t_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{273+t_0}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт},$$

$$Q_2'' = \alpha_1 \cdot F_p (t_1 - t_0), \text{ Вт},$$

$$Q_3'' = \alpha_2 \cdot F_l (t_1 - t_0), \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{обр}}'' = R \cdot V_n \cdot k_T, \text{ Дж/с},$$

$$Q_{\text{нр}}'' = (c_p \cdot G_p + c_l \cdot G_l) \cdot (t_1 - t_0), \text{ Дж},$$

$$Q_{\text{обр}}'' \cdot T = Q_{\text{нр}}'' + T \cdot (Q_1'' + Q_2'' + Q_3'')$$

$$T = \frac{Q_{\text{нр}}''}{Q_{\text{обр}}'' - (Q_1'' + Q_2'' + Q_3'')}, \text{ с}.$$

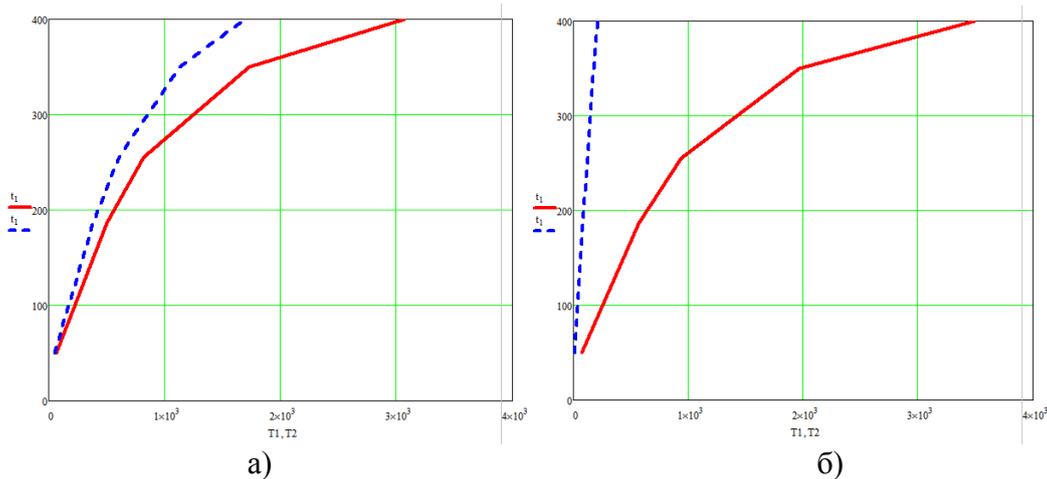


Рисунок б – Исследования процесса нагрева роlikоопоры в режиме в аварийном режиме ее заклинивания а) при изменении скорости ленты  $V_{л1}=2,5$  м/с,  $V_{л2}=3,15$  м/с; б) при изменении усилия  $R_1=600$  Н,  $R_2=3500$  Н.

**Выводы.** На основании проведенных исследований были установлены зависимости времени нагрева в зоне контакта ленты с барабанами, роликом в аварийных режимах. Это позволяет определить временные параметры достижения определенных значений температур при заданных исходных данных и обоснованно находить оптимальные параметры для нормальной работы оборудования и предотвращать аварийные ситуации, возникающие во время его эксплуатации.

#### Список литературы.

1. Левкин, Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины / Донецк: Донбасс, 2002. – 392 с.

2. Ткачук, С.П. Взрывопожаробезопасность горного оборудования / С.П. Ткачук, В.П. Колосюк, С.А. Ишно // Киев, «Основа», 2000. – 590 с.
3. Хананов, Д.В. Анализ процесса нагрева конвейерной ленты при полной пробуксовке приводного барабана шахтного конвейера в аварийном режиме работы / Д.В. Хананов, А.Я. Грудачев // Наукові праці Донецького національного технічного університету.-Донецьк,2009 р.-С.256-265.(Сер.Гірничо-електромеханічна ; Вип.17(157))
4. Хананов, Д.В. Анализ процесса нагрева неподвижного отклоняющегося барабана при его взаимодействии с движущейся лентой конвейера в аварийном режиме работы / Д.В. Хананов, А.Я. Грудачев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2010.- С.173-178.- (Сер.Гірничо-електромеханічна; Вип.19(175))
5. Мищенко, Т.П. Анализ процесса нагрева трудногорючей ленты, как композитного материала, в аварийном режиме при полной ее пробуксовке на концевом барабане / Сборник материалов IX Всерос. научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая», 18-21 апр. 2017 г., Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева»; редкол.: С. Г. Костюк (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово, 2017.

© Т.П. Мищенко, 2019