

Таблица 2 – Допустимые значения диаметров виброизоляторов

D_n , м	0,24	0,26	0,28	0,30
d , м	0,11	0,15	0,18	0,21

Анализируя значения диаметров виброизоляторов, приведенных в табл. 2, окончательно принимаем - $D_n = 0,26$ м; $d = 0,15$ м.

Разработанные резиновые виброизоляторы в настоящее время проходят промышленные испытания на двух дробилках КИД-900 (Медвежегорский щебеночный завод «Башкиравтодор») и одной дробилке КИД-1200 («Карелияруд»).

ВЫБОР ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГОРЯЧЕЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ ПРИ ИХ СТЫКОВКЕ И РЕМОНТЕ

**Гринбаум Ю.В., Лисица Н.И., Шолин М.К.,
ИГТМ НАНУ, НПП «Техсервис»**

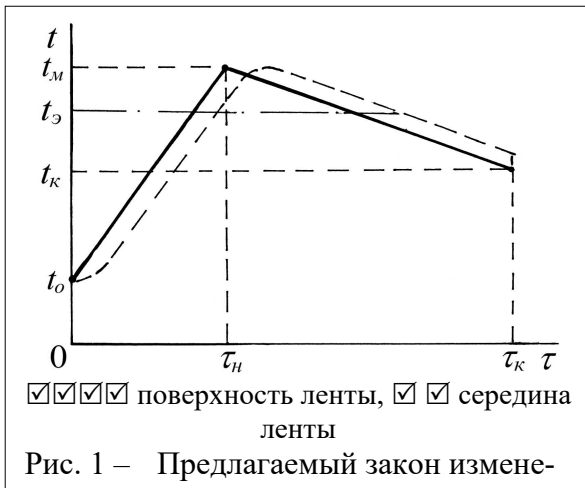
При стыковке и ремонте конвейерных лент на горнорудных и угольных предприятиях рекомендуемый температурный режим вулканизационных прессов [1] состоит из фаз нагрева, выдержки при постоянной температуре и охлаждения плит прессы до температуры 60-70°C. При этом длительность фазы выдержки, как правило, завышена и приводит к перевулканизации сырой резины и снижению прочности стыков, что объясняется неучетом степени влияния тепловой обработки в фазах нагрева и охлаждения.

В работе [2] степень вулканизации предлагается оценивать по эквивалентному времени вулканизации S_{t_3} , то-есть времени, за которое в поле переменных во времени τ температур $t(\tau)$ достигается такой же эффект вулканизации, что и при постоянной регламентной (эквивалентной) температуре вулканизации t_3 ,

$$S_{t_3} = \left(\int_{\tau_1}^{\tau_2} K^{0,t(\tau)} \right) / K^{0,t_3}, \quad (1)$$

где K – температурный коэффициент вулканизации (для резины близок к 2), равный отношению продолжительности вулканизации при температуре t и таковой при температуре $t + 10^\circ\text{C}$ при условии достижения одинаковых физико-механических характеристик резины.

В работе [2] сделан вывод о том, что эквивалентное время в фазах нагрева $S_{t_3}^H$ и охлаждения $S_{t_3}^O$ составляет существенную долю всего времени вулканизации. В этой связи нами предлагается получить необходимый эффект вулканизации при работе плит прессы только в поле переменных во времени температур, составив температурный режим вулканизации из двух фаз – нагрева и охлаждения (рис. 1 – сплошная линия). В фазе нагрева ($0 \leq \tau \leq \tau_n$) температура плит возрастает от начального значения t_o до максимального t_m со скоростью $k_n = (t_m - t_o) / \tau_n$. В момент $\tau = \tau_n$ плиты прессы отключают от источника энергии



и охлаждают до конечной температуры $t_k = 60 \div 70^\circ\text{C}$. Длительность фазы охлаждения $\tau_o = \tau_n - \tau_k$, а скорость охлаждения $k_o = (t_m - t_k) / \tau_o$. По данным [3] скорости нагрева и охлаждения прессов с электронагревателями составляют: $k_n = 2,5 \div 3,0^\circ\text{C}/\text{мин}$, $k_o = 0,5 \div 0,7^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Режим тепловой обработки стыка должен быть выбран таким образом, чтобы суммарное эквивалентное время вулканизации было не меньшим оптимума и

не большим плато вулканизации. Оптимум – это время, за которое достигаются наилучшие характеристики вулканизации, а плато – время сохранения этих свойств, определяемые регламентом резиносмеси.

Наименьшее эквивалентное время получается для внутренних слоев ленты, но, как показано в [2], эта разница невелика, поскольку отставание температуры внутренних слоев при нагреве компенсируется их большей температурой при остывании. Определим отношение эквивалентных времен на поверхности S_{t_o} и на осевой плоскости S'_{t_o} ленты

$$\varphi = S'_{t_o} / S_{t_o}. \quad (2)$$

Установим вначале приведенное время вулканизации для поверхности ленты в фазе нагрева $S_{t_m}^H$ и охлаждения $S_{t_m}^O$, соответствующее изотермическому нагреву при температуре $t = t_m = \text{const}$. По аналогии с (1)

$$S_{t_m}^H = \left(\int_0^{\tau_n} K^{0,1(k_n \tau + t_o)} d\tau \right) / K^{0,1 t_m} = \frac{1}{0,1 k_n \ln K};$$

$$S_{t_m}^O = \left(\int_{\tau_n}^{\tau_k} K^{0,1(t_m - k_o \tau)} d\tau \right) / K^{0,1 t_m} = \frac{1}{0,1 k_o \ln K}.$$

Суммарное приведенное время вулканизации для поверхности ленты равно

$$S_{t_m} = S_{t_m}^H + S_{t_m}^O = \frac{1}{0,1 \ln K} \left(\frac{1}{k_n} + \frac{1}{k_o} \right). \quad (3)$$

Для нахождения приведенного времени вулканизации для осевой плоскости ленты S'_{t_m} необходимо знать закон изменения температуры по толщине ленты $t(\tau, x)$, который находится путем решения уравнения теплопроводности для твердых тел [4]

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}, \quad (4)$$

где a – коэффициент температуропроводности, для конвейерных лент равный $4,55 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{ч}$ (данные МИИТХ).

Для режима нагрева плит пресса, показанного на рисунке 1, имеем следующий закон изменения температуры: на поверхности ленты ($x = \pm\delta$, δ – полутолщина ленты)

$$\begin{aligned} t(\tau, \delta) &= t_o + k_n \tau, & 0 \leq \tau \leq \tau_n; \\ t(\tau, \delta) &= t_m - k_o (\tau - \tau_n), & \tau_n \leq \tau \leq \tau_k, \end{aligned} \quad (5)$$

а на оси ленты ($x = 0$) по аналогии с [2]

$$\begin{aligned} t(\tau, 0) &= t_o + k_n \left(\tau - \frac{\delta^2}{2a} \right) + \frac{16k_n \delta^2}{a\pi^3} \exp\left(-\frac{a\pi^2}{4\delta^2} \tau \right), & 0 \leq \tau \leq \tau_n; \\ t(\tau, 0) &= t_m - k_o \left(\tau - \tau_n - \frac{\delta^2}{2a} \right) - \frac{16(k_n + k_o)\delta^2}{a\pi^3} \exp\left(-\frac{a\pi^2}{4\delta^2} (\tau - \tau_n) \right), & \tau_n \leq \tau \leq \tau_k. \end{aligned} \quad (6)$$

В этих выражениях при $a\tau/\delta^2 \geq 2,6$ и $a(\tau - \tau_n)/\delta^2 \geq 2,6$ последними членами можно пренебречь.

На рис. 1 пунктиром нанесен расчетный график изменения температуры на оси ленты. Из графика видно, что температура на оси ленты в фазе нагрева меньше, чем на поверхности, а в фазе охлаждения – больше. Это обеспечивает довулканизацию внутренних слоев в фазе охлаждения и сближение эквивалентного времени вулканизации для поверхностных и внутренних слоев ленты.

Вычислены значения S_{t_m} и S'_{t_m} для условий: $t_m = 150$ °С; $t_o = 20$ °С; $\delta = 6, 8, 10, 12, 14$ мм; $k_n = 1, 2, 3, 4$ °С/мин; $k_o = 0,4; 0,5; 0,6; 0,7$ °С/мин. Расчеты S_{t_m} выполнялись по формуле (3), а S'_{t_m} – по зависимости

$$S'_{t_m} = \Delta\tau_i \sum_{i=1}^n K^{0,1(t_i - t_m)},$$

где $\Delta\tau_i$ – шаговый интервал времени; t_i – температура внутреннего (осевого) слоя ленты, вычисленная по формулам (6). По результатам расчета эквивалентных времен для каждого режима определялся коэффициент φ :

$$\varphi = S'_{t_o}/S_{t_o} = S'_{t_m}/S_{t_m}. \quad (7)$$

В процессе расчетов установлено, что в заданном диапазоне изменения ($k_o = 0,4-0,7$ °С/мин) скорость охлаждения практически не влияет на значения φ .

Результаты расчетов значений φ в зависимости от толщины ленты и скорости нагрева плит пресса представлены в таблице.

Таблица. Результаты определения значения коэффициента в зависимости от скорости нагрева и толщины ленты

Полутолщина ленты, δ , мм	φ			
	Скорость нагрева, k_n , °С/мин			
	1	2	3	4
6	1,000	0,990	0,99	0,980
8	0,960	0,950	0,95	0,946
10	0,950	0,910	0,89	0,880
12	0,930	0,890	0,84	0,810
14	0,924	0,845	0,80	0,736

Результаты обработки расчетных данных позволили представить зависи-

мость $\varphi = \varphi(k_n, \delta)$ в виде

$$\varphi = \begin{cases} 1, & 0 \leq \delta \leq 5,5; \\ 0,01k_n^{0,75}(\delta - 5,5) + 1 & \delta > 5,5. \end{cases} \quad (8)$$

Решаем задачу выбора температурного режима вулканизации в следующей постановке. **Дано:** скорости нагрева k_n и охлаждения k_o плит пресса, температурный коэффициент вулканизации K , эквивалентная (регламентная) температура вулканизации t_3 , оптимум вулканизации τ_{on} при $t = t_3 = \text{const}$.

Определить максимальную температуру t_m в конце фазы нагрева, обеспечивающую достижение оптимума вулканизации для всех слоев ленты по толщине.

Расчет производим по эквивалентному времени для внутреннего (осевого) слоя ленты.

Суммарное приведенное время вулканизации при $t = t_m = \text{const}$ в соответствии с (2) и (3) равно

$$S'_{t_m} = \varphi S_{t_m} = \frac{\varphi}{0,1 \ln K} \left(\frac{1}{k_n} + \frac{1}{k_o} \right),$$

где $\varphi = \varphi(k_n, \delta)$ определяется из соотношения (8).

Тогда суммарное эквивалентное время вулканизации (приведенное к регламентной температуре t_3)

$$S'_{t_3} = \frac{I_{t_m}}{I_{t_3}} S'_{t_m} = \frac{K^{0,1t_m}}{K^{0,1t_3}} \times \frac{\varphi}{0,1 \ln K} \left(\frac{1}{k_n} + \frac{1}{k_o} \right),$$

где I_{t_m} , I_{t_3} – интенсивность вулканизации в изотермическом режиме при температурах t_m и t_3 соответственно.

Потребное значение t_m находим из соотношения

$$S'_{t_3} \geq \tau_{on}, \quad \text{или} \quad \frac{K^{0,1t_m}}{K^{0,1t_3}} \times \frac{\varphi}{0,1 \ln K} \left(\frac{1}{k_n} + \frac{1}{k_o} \right) \geq \tau_{on}. \quad (9)$$

Решая неравенство (9) относительно t_m , получим

$$t_m \geq t_3 + \frac{1}{0,1 \ln K} \ln \frac{0,1 \tau_{on} \ln K}{\varphi \left(\frac{1}{k_n} + \frac{1}{k_o} \right)}.$$

Выводы. Использование предлагаемого закона изменения температуры плит пресса при вулканизации конвейерных лент позволит повысить прочность и долговечность мест стыковки и ремонта, сократить время вулканизации и энергозатраты, а также упростить технические устройства для поддержания необходимого температурного режима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по выбору, монтажу и эксплуатации конвейерных лент.- М.: Химия, 1971.-75 с.
2. Теплопроводность конвейерных лент и выбор длительности вулканизации при их стыковке / Н.Я. Биличенко, Б.И. Ищук, Ю.В. Заболотный и др. // Изв. ВУЗов. Горн.журнал. -1975.-№ 2.-С.79-84.
3. Исследование тепловых режимов вулканизационных прессов для стыковки конвейерных лент /Н.Я. Биличенко, В.И. Ищук, Ю.В. Заболотный и др.//Шахтный и карьерный транспорт.-М.-1975. -вып.2.-С.31-38.
4. Карслелу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. –М.: Наука, 1964. -487 с.