

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА « K » НА ВЕЛИЧИНУ ЭФФЕКТА ВУЛКАНИЗАЦИИ В РАСЧЕТНОЙ ТОЧКЕ ОБОЛОЧКИ КАБЕЛЯ

А. А. ТАТАРНИКОВ

(Представлена кафедрой АТППП)

В [1, 2] дается расчет величины эффекта вулканизации E_t , получаемого оболочкой кабеля в расчетной точке при условии, что величина температурного коэффициента $K=2$. В действительности, как отмечается в [3], величина K зависит от температуры. Эта зависимость определяется уравнением Аррениуса [3].

$$K = \frac{I_{t+5}}{I_{t-5}} = \exp \left[\frac{10E}{R(T+5)(T-5)} \right], \quad (1)$$

где I — соответственно интенсивность вулканизации при температуре $t+5^\circ\text{C}$ и $t-5^\circ\text{C}$;

E — энергия активизации;

R — универсальная газовая постоянная.

Произведенный расчет значений K по уравнению (1) показывает, что изменение K в интервале температур $120-160^\circ\text{C}$ не превышает 7%. В этой же работе отмечается, что ряд последних экспериментальных работ подтверждает постоянство температурных коэффициентов вулканизации в диапазоне температур $120-160^\circ\text{C}$ для определенных типов каучуков. Поэтому задачу определения влияния изменения K на величину эффекта вулканизации нужно решить для двух случаев:

1. Температурный коэффициент вулканизации является $f(t)$.
2. Температурный коэффициент вулканизации — величина постоянная, но его значение не равно двум.

$$1. K = f(t)$$

Прямое решение задачи определения величины эффекта вулканизации E при $K=f(t)$ является очень сложным, так как в этом случае необходимо вычислить интеграл

$$E = \int_0^{\tau} \exp \left[\frac{10E}{R(t+278)(t-273)} \cdot \frac{t-t_b}{10} \right] d\tau, \quad (2)$$

где t — текущее значение температуры, определяемое решением прогресса бесконечного цилиндра [1].

Если (2) вычислять для изменения значений в интервале $120-160^\circ\text{C}$, то уравнение (1) можно с достаточной точностью представить в виде

линейной зависимости. Принимая за начало отсчета значение $K_0 = 2$ при $t = 138^\circ\text{C}$, (1) может быть представлено в виде

$$K = K_0 - \alpha(t - 138), \quad (3)$$

где $\alpha = 0,00665$. Ошибка определения K по уравнению (3) не превышает 0,7%. В этом случае интеграл (2) можно представить в виде

$$E = \int_0^\tau (K_0 + \Delta K)^{\frac{t-t_b}{10}} \cdot d\tau$$

или

$$E = \int_0^\tau K_0 \left(1 + \frac{\Delta K}{K_0}\right)^{\frac{t-t_b}{10}} \cdot d\tau. \quad (4)$$

Величина $\frac{\Delta K}{K_0}$ не превышает 0,15. Поэтому выражение $\left(1 + \frac{\Delta K}{K_0}\right)^{\frac{t-t_b}{10}}$ может быть разложено в ряд, в котором ограничимся первой степенью $\frac{\Delta K}{K_0}$. При этом ошибка не превысит 5%.

Тогда интеграл (4) можно представить в виде

$$E = \int_0^\tau K_0^{\frac{t-t_b}{10}} \cdot d\tau + \int_0^\tau \frac{\Delta K}{K_0} \cdot \frac{t-t_b}{10} \cdot K_0^{\frac{t-t_b}{10}} \cdot d\tau.$$

Подставляя ΔK из (3), получим

$$E = \int_0^\tau K_0^{\frac{t-t_b}{10}} \cdot d\tau + \frac{\alpha}{10K_0} \cdot \int_0^\tau (t-138)(t-t_b) \cdot K_0^{\frac{t-t_b}{10}} \cdot d\tau. \quad (5)$$

Величина E равна сумме двух интегралов. Первый определяет величину эффекта вулканизации для $K_0 = 2$, а второй интеграл определяет величину поправки для $K = f(t)$.

Первый интеграл может быть преобразован к безразмерной величине эффекта вулканизации [2]. Аналогичными преобразованиями интеграл, определяющий поправку, может быть преобразован к виду

$$\begin{aligned} \Delta E_a^\kappa = \Delta E \frac{a_\kappa}{R^2} = \frac{\alpha}{10K_0} \cdot K_0^{\frac{t_n-t_b}{10}} \cdot [(t_n-138)t_n - t_b] \int_0^{Fo} (K_0^{-\Theta})^{\frac{\Delta t}{10}} \cdot dFo - \\ - (2t_n - 138 - t_b) \cdot \int_0^{Fo} \Theta \cdot \Delta t (K_0^{-\Theta})^{\frac{\Delta t}{10}} \cdot dFo + \int_0^{Fo} \Theta^2 \cdot \Delta t^2 (K_0^{-\Theta})^{\frac{\Delta t}{10}} \cdot dFo, \quad (6) \end{aligned}$$

где ΔE_a^κ — безразмерная поправка на величину эффекта вулканизации для $K = f(t)$;

t_n — температура насыщенного пара в вулканизационной трубе;

t_b — температура вулканизации образцов резины в лаборатории;

Θ — относительная температура в расчетной точке оболочки кабеля;

$$\Delta t = t_n - t_n;$$

t_n — начальная температура кабеля;

Fo — критерий Фурье, определяющий время нахождения кабеля в вулканизационной трубе.

Аналогично для случая $K = \text{const}$, но $K \neq 2$, можно получить уравнение для безразмерной поправки ΔE_a^K в следующем виде:

$$\Delta E_a^K = \frac{\Delta K}{10K_0} \cdot K_0^{\frac{t_n - t_b}{10}} [(t_n - t_b) \cdot \int_0^{Fo} (K_0^{-\Theta})^{\frac{\Delta t}{10}} \cdot dFo - \int_0^{Fo} \Theta \cdot \Delta t \cdot (K_0^{-\Theta})^{\frac{\Delta t}{10}} \cdot dFo]. \quad (7)$$

Обозначения в (7) такие же, что и в (6).

Для выявления более четкой картины влияния изменения K были проведены расчеты относительной величины поправки $\frac{\Delta E_a^R}{E_T}$ по уравнениям (6) и (7).

E_T — величина эффекта вулканизации, получаемого оболочкой кабеля в расчетной точке в вулканизационной трубе при $K = 2$ [2].

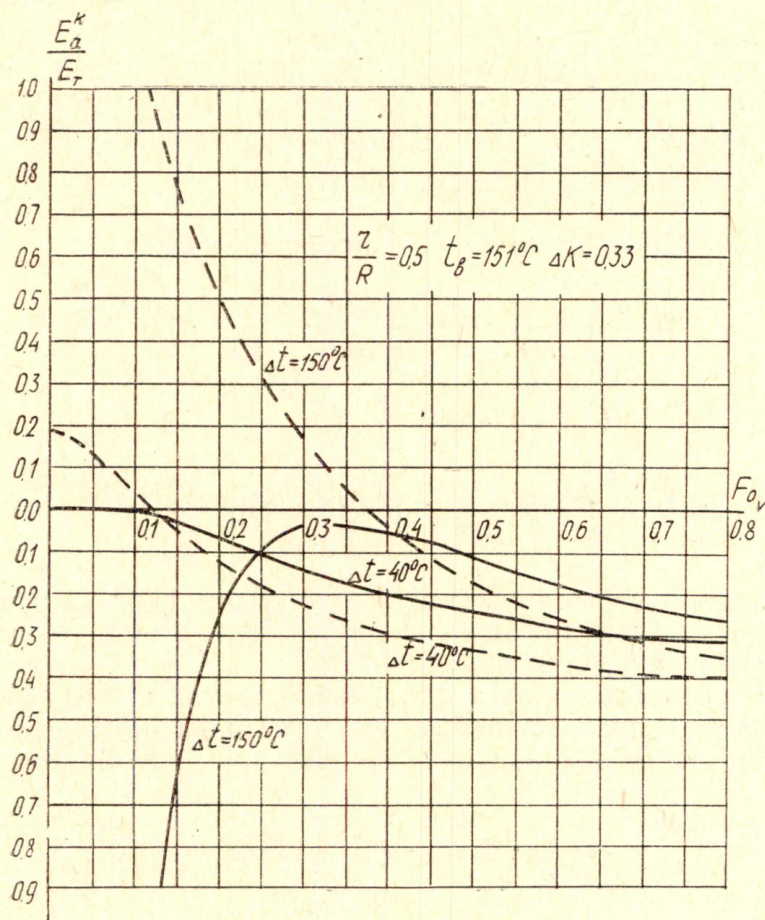


Рис. 1. Графики значений $\frac{\Delta E_a^K}{E_T}$; а — для $K = f(t)$
б) — — — — — для $K = \text{const} \neq 2$

Интегрирование выражений (6) и (7) производилось численным методом. Результаты расчетов представлены на графиках на рис. 1 для значений $\frac{r}{R} = 0,5$ и $\Delta t_{\min} = 40^\circ \text{C}$ и $\Delta t_{\max} = 150^\circ \text{C}$.

Выводы

1. Величина относительной поправки зависит от режима работы агрегатов, конструкции кабеля и положения расчетной точки.

2. Как следует из графиков рис. 1, величина поправки достигает:

а) для $K = f(t) \sim 40\%$.

б) для $K = \text{const} \neq 2 \sim 30\%$.

Такой величиной поправки при расчете технологических режимов пренебрегать нельзя.

3. Выражения (6) и (7) дают возможность сравнительно просто построить расчетные номограммы для определения $\frac{\Delta E_a^k}{E_r}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. И. Чудиков. Графоаналитический метод расчета времени вулканизации шланговых оболочек кабелей на АНВ. Кабельная техника, стр. 38. вып. 3/10, 1959.

2. А. А. Татарников. Расчет времени вулканизации проводов и кабелей с помощью номограмм. Сборник материалов 11-го отраслевого научно-технического совещания «Усовершенствование производства проводов и кабелей с резиновой изоляцией», стр. 206, 1964.

3. В. О. Фогель. Номографический метод расчета продолжительности вулканизации резино-технических пластин». Каучук и резина, № 3, стр. 15. 1963.