

## ВЛИЯНИЕ АСБОФРИКЦИОННЫХ ОТХОДОВ НА ПРОЧНОСТЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ОГНЕСТОЙКОСТЬ БИТУМА

В.П. Ярцев

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений», ТГТУ*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** битумы, долговечность; механические характеристики, производственные отходы, физические константы.

**Аннотация:** Выявлены закономерности разрушения битума в широком диапазоне нагрузок и температур с позиций кинетической концепции прочности. Показано влияние асбофрикционных отходов на огнестойкость и основные эксплуатационные параметры его работоспособности (прочность и долговечность).

---

Битумы широко используются в производстве кровельных, гидроизоляционных и пароизоляционных материалов. Они представляют собой сложные смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных. Битумы обладают ценными строительными свойствами: водонепроницаемостью, гидрофобностью, стойкостью к агрессивным жидкостям и газам. При нагревании (до 80...170 °С) или растворении они переходят в вязкотекучее состояние и легко объединяются с деревом, металлом и камнем. При температуре ниже 25 °С или испарении растворителей битумы быстро густеют.

Битумы могут использоваться как в чистом виде, так и в виде композитов с различными добавками и наполнителями. В дорожных покрытиях для увеличения механической прочности в битум добавляют измельченный резиновый вулканизат, нагретую горную породу, шлам, маслосодержащую белую глину.

На тамбовском заводе «АРТИ» при производстве тормозных деталей образуется значительное количество асбофрикционных отходов (АФО) в виде мелкозернистого порошка. В состав отходов входят следующие компоненты: асбест – 46,6, каучук – 16,6, смола – 2,9, сера – 2,48, окись цинка – 3,84, сурик железный – 27,6, обратимые производственные отходы – 5 масс.ч.

В лабораторном смесителе в расплавленный битум вводили 5, 10, 20, 30, 40 и 50 масс.ч. АФО. Полученные смеси после полного смешения заливали в формы и охлаждали до комнатной температуры, получая образцы заданной конфигурации. Следует отметить, что при введении 20 масс.ч. АФО и более получалась твердая пемзообразная композиция. Испытания проводили на прочность и деформативность при растяжении, сжатии, срезе и пенетрации, а также на водонепроницаемость и горючесть. Как показали испытания, введение АФО во всем исследованном диапазоне концентраций практически не повлияло на водонепроницаемость. При испытаниях на горючесть использовали деревянные бруски 40×40×60 мм, которые покрывали чистым битумом и с добавками слоем 2±0,2 мм. Образцы помещали в открытое пламя на 5, 10, 20 и 30 минут. Для сравнения испытывали также образцы без обмазки. Огнестойкость оценивали относительной убылью веса в процессе горения, см. табл. 1. Было установлено, что обмазка чистым битумом увеличивает горючесть древесины, а введение АФО заметно ее снижает. При введении 50 масс.ч. АФО композит становится не горючим, что может иметь большое практическое значение.

Испытания при сжатии, срезе и пенетрации проводили при кратковременном действии нагрузки, а при растяжении – при длительном в режиме заданного постоянного напряжения [1]. При сжатии фиксировали относительную деформацию под нагрузкой 400 Н. Кратковременные механические характеристики представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, при введении АФО деформативность  $\epsilon_c$  снижается, а прочность при срезе  $\sigma_{ср}$  и твердость НВ растут симбатно увеличению количества наполнителя.

Таблица 1

Характеристики битумной мастики с асбофрикционными отходами

Количество наполнителя, масс.ч.	$\epsilon_c$ , %	$\sigma_{ср}$ , МПа	НВ, МПа	Вес сгоревшей древесины, %*
Без добавок	45,4	0,99	2,013	18,03
5	37,8	1,12	3,07	9,01
10	29,2	1,18	3,486	8,6
50	14,4	1,40	5,035	–

\* Время горения 30 мин

При одноосном растяжении для чистого битума получены зависимости долговечности  $\tau$  от напряжения  $\sigma$  при вариации температуры  $T$  в интервале от 20 до 40 °С, (рис. 1). Из рисунка видно, что эти зависимости имеют линейный характер, который сохраняется и в координатах  $\lg \tau - 1/T$ , т.е. описываются уравнением [1]

$$\tau = \tau_m \exp \left[ \frac{U_0 - \gamma \sigma}{RT} \left( 1 - \frac{T}{T_m} \right) \right], \quad (1)$$

где  $\tau_m$ ,  $U_0$ ,  $\gamma$  и  $T_m$  – физические константы.

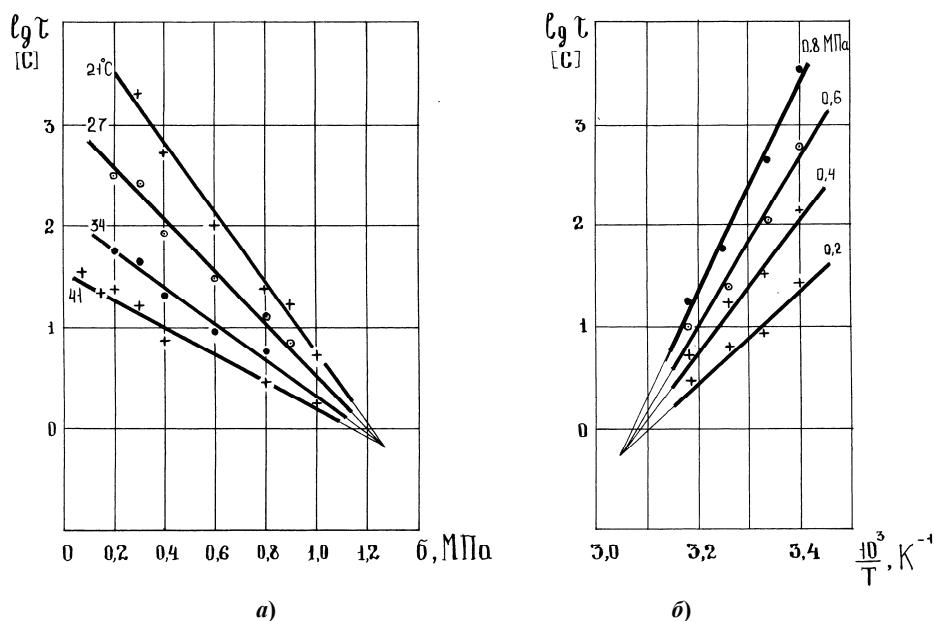


Рис. 1 Зависимости долговечности от напряжения (а) и обратной температуры (б) при одноосном растяжении битума

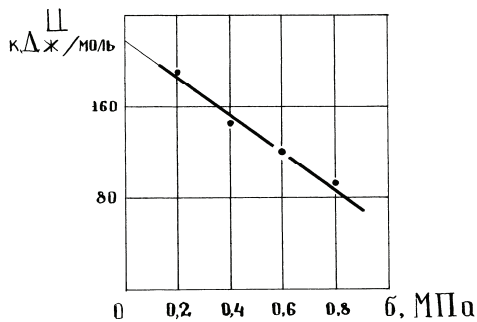


Рис. 2 Зависимость эффективной энергии активации разрушения от напряжения при одноосном растяжении битума

Для наполненных битумов получены зависимости  $\lg \tau - \sigma$  при температуре  $(20 \pm 1)^\circ \text{C}$  (рис. 3). Эти зависимости описываются уравнением

$$\tau = A e^{-\beta \sigma}, \quad (2)$$

где  $A, \beta$  – физические коэффициенты;  $A = \tau_m \exp \frac{U_0}{RT} \left(1 - \frac{T}{T_m}\right)$ ,  $\beta = \frac{\gamma}{RT} \left(1 - \frac{T}{T_m}\right)$ .

Из рис. 3 видно, что долговечность (время до разрушения) при малых напряжениях (ниже 0,2 МПа) для наполненных битумов ниже, чем для чистого, и меняется экстремально с увеличением количества АФО, тогда как при больших напряжениях (выше 1 МПа) величины времени до разрушения наполненных битумов выше, чем для чистого.

Введение добавок снижает коэффициенты  $A$  и  $\beta$ . Падение  $A$  подтверждает выводы [3] о снижении максимальной энергии активации выше определенной (предельной) концентрации наполнителя. Уменьшение структурно-механического

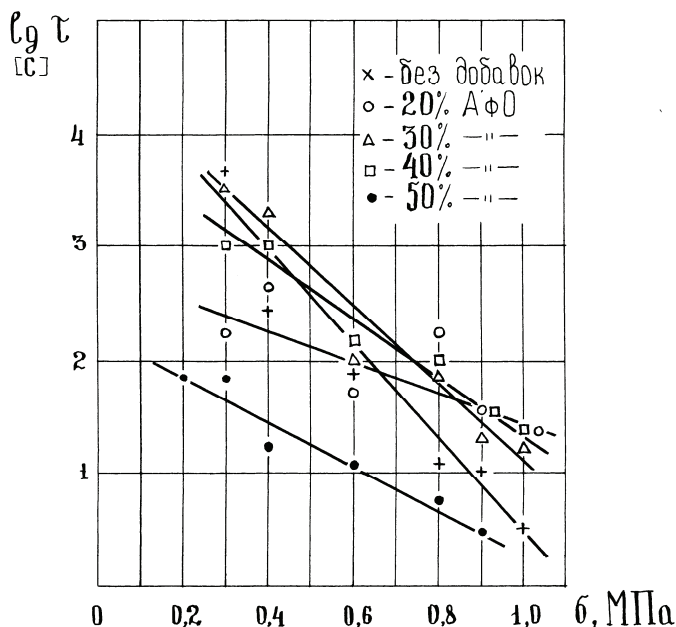


Рис. 3 Зависимость долговечности битумной мастики с наполнителем от напряжения при растяжении

фактора, по-видимому, связано с уплотнением композиции или увеличением пути разрушения при огибании трещиной частиц наполнителя [4].

Таким образом, полученные результаты показали, что введение асбофрикционных отходов увеличивает кратковременные механические характеристики, но снижает длительные (прочность и долговечность); для прогноза последних из зависимостей  $\lg t$ - $\sigma$  определены физические коэффициенты, входящие в формулу (2); для каждой композиции, подставив в формулу (2) значения коэффициентов  $A$  и  $\beta$ , получили уравнения для расчета прочности и долговечности при комнатной температуре (20 °С).

#### *Список литературы*

1. Ярцев В.П., Леденев В.В. Испытание полимерных материалов в конструкциях и изделиях. Учебное пособие. – Тамбов: ТГТУ, – 1995. – 150 с.
2. Ратнер С.Б., Ярцев В.П. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? – М.: Химия, 1992. – 320 с.
3. Ярцев В.П. Физико-технические основы работоспособности органических материалов в деталях и конструкциях. – Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – Воронеж, 1998. – 42 с.
4. Липатов Ю.С. Физико-химия наполненных полимеров. Киев: Наукова думка, 1967. – 234 с.

---

### **Influence of Asbofriction Waste on the Strength, Durability and Fire-Resistance of Bitumen**

**V.P. Yartsev**

*Department "Construction of Buildings and Structures", TSTU*

**Key words and phrases:** bitumen; durability; mechanical characteristics; production waste.

**Abstract:** Regularities of bitumen destruction in a wide range of load and temperature from the view of kinetics concept of durability are found out. The influence of asbestos friction waste on the fire-resistance and basic maintenance parameters of its working capability (strength and durability) is shown.

---

### **Einfluss der Asbofriktionsabfälle auf die Haltbarkeit, Dauerhaltbarkeit und Feuerfestigkeit des Bitumens**

**Zusammenfassung:** Es sind die Gesetzmäßigkeiten der Zerstörung des Bitumens im breiten Umfang der Belastungen und der Temperaturen von den Positionen der kinetischen Konzeption der Haltbarkeit gezeigt. Es ist der Einfluss der Asbofriktionsabfälle auf die Feuerfestigkeit und Hauptbetriebsparameter seiner Arbeitsfähigkeit (die Haltbarkeit und die Dauerhaltbarkeit) aufgezeigt.

---

### **Influence des déchets d'asbeste sur la rigidité, la longévité et la résistance à la flamme**

**Résumé:** Sont présentées les régularités de la destruction du bitume dans une grande gamme des charges du point de vue de sa conception cinétique de la rigidité. Est montrée l'influence des déchets d'asbeste sur la résistance à la flamme ainsi que sur ses paramètres essentiels d'exploitation (rigidité et longévité).