

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРБИТУМНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Бареев В. И. – к. т. н., профессор
Братошевская В. В. – к. т. н., доцент
Мирсоянов В. Н. – к. т. н., доцент

Кубанский государственный аграрный университет

В статье приводится расчетно-экспериментальный способ прогнозирования долговечности кровельных покрытий, выполненных на основе битума и полимербитумных композиций "крунам". Расчеты основаны на принципе суммирования напряжений, когда под воздействием разных причин испытуемый материал теряет определенную долю долговечности (критерий Бейли). Полученные результаты позволяют сделать вывод о предпочтительном применении полимербитумных материалов при устройстве кровельных покрытий в Краснодарском крае.

Наиболее распространенными материалами для производства кровельных и гидроизоляционных работ являются нефтяной битум и рубероид. Однако покрытия, выполненные с использованием битума, имеют сравнительно невысокую долговечность (6–10 лет) из-за хрупкости при низких зимних температурах. Поэтому такие покрытия нуждаются в частом ремонте, а после 10-ти лет эксплуатации стоимость их практически удваивается.

Более современны гидроизоляционные материалы на основе полимербитумных композиций, которые позволили расширить температурный интервал работоспособности за счет повышения тепло- и морозостойкости и, таким образом, обеспечить более высокую надежность и долговеч-

ность конструкций. Кроме того, добавки полимеров, изменяя свойства битумов, позволяют механизировать работу по устройству кровель, например, наплавливать, а не наклеивать кровельные материалы, что значительно облегчает и упрощает работу.

Известно, что важнейшими факторами старения битумов в кровельных покрытиях являются:

- термоокисление под действием ультрафиолетового излучения в тонком поверхностном слое 0,1–0,15 мм, в результате чего он интенсивно стареет, растрескивается и смывается водой. Покрытие толщиной 2 мм полностью разрушается в течение 6-ти лет, а битум, наполненный минеральным порошком, разрушается через 12–15 лет;

- термонапряженное состояние и растрескивание поверхностного слоя под влиянием усилий, возникающих в покрытии из-за разности коэффициентов линейного температурного расширения (КЛТР) битума и бетона основания (стяжки) при изменении температуры.

При известных структурно-реологических характеристиках материалов в результате сезонных изменений температуры прогнозирование долговечности сводится к определению температурных напряжений. В том случае, если они не превышают предела длительной прочности материала покрытия при расчетной температуре, условие сплошности покрытия не нарушается.

Таким образом, расчетно-экспериментальный способ прогнозирования долговечности покрытия сводится к экспериментальным исследованиям свойств материала покрытий при различных режимах испытаний и дальнейшему расчету долговечности этих покрытий.

В данной работе приводятся результаты расчетно-экспериментальных исследований долговечности покрытий, выполненных из разных материалов:

- 1 слой рубероида РКМ-350 по расплавленному стеклобиту СП;

- наплавляемый рулонный материал "крунам" марки СТ 3,5(В) по двум слоям рубероида РКМ-350 на битумной мастике.

Поскольку наиболее распространенной причиной разрушения кровельных материалов является образование трещин вследствие различия температурных деформаций покрытия и основания или кровельного слоя и основы, то для сравнительных исследований возникающих температурных напряжений были приняты:

- гидроизоляционное покрытие из битума БН-IV (БН 70/30) – для рубероида РКМ-350;

- гидроизоляционное покрытие из полимербитумного состава (БН 70/30+10% сополимера этилена с пропиленом) – для "крунама".

Сравнение стандартных свойств рулонных материалов с полимербитумной кровельной массой и рубероида сводилось к определению изменения структурно-реологических и физико-механических свойств, в том числе атмосферостойкости и водостойчивости, и в итоге определялись сроки службы и надежность этих материалов.

Подготовка и испытание образцов и фрагментов покрытия проводились в соответствии с ГОСТ 2678-97. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний. Значения температурных интервалов для исследования определены путем интерполяции по данным СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика. Так, для г. Краснодара количество дней в году со средней температурой +20°С составляет 95, +10°С – 102, 0°С – 109, -10°С – 64, -20°С – 21, а с грозами – 10 дней.

Температурные напряжения в покрытиях определялись по формуле, применяемой для вязко-упругих тел:

$$\sigma_t = (a_n - a_0) \cdot \Delta t \frac{E_y \cdot E_0}{E_0 + E_y(1 - e^{-t/\theta})} \leq \sigma_0, \quad (1)$$

где a_n – коэффициент линейного температурного расширения для покрытий, $a_{n.битум} = 2,19 \cdot 10^{-4}$; 1/град; $a_{n.полимербитум} = 4,3 \cdot 10^{-4}$, 1 /град; a_0 – коэффициент линейного температурного расширения для бетонной стяжки, $a_0 = 0,1 \cdot 10^{-4}$; 1/град; Δt – разность температур; $E_y = \frac{\sigma_t}{\epsilon_y}$ – модуль упругости; Па; $E_y = \frac{\sigma_t}{\epsilon_y}$ – модуль эластичности, Па; $\theta = \frac{Z_0}{E_y}$ – время релаксации, с; $Z_0 = \frac{\sigma}{d\epsilon/dt}$ – наибольшая структурная вязкость, Па·с.

Значения структурно-реологических констант устанавливались в результате испытаний образцов покрытий и построения реологических кривых (табл. 1).

Таблица 1 – Структурно-реологические константы

$t, ^\circ C$	Покрытие 1 (битум)				Покрытие 2 (полимербитум)			
	$E_y, Па$	$E_y, Па$	$\theta, с$	$a_k, 1/град$	$E_y, Па$	$E_y, Па$	$\theta, с$	$a_k, 1/град$
+20 $^\circ C$	$2,5 \cdot 10^6$	$2,18 \cdot 10^6$	$4,6 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^2$	$5,76 \cdot 10^6$	$5,02 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^2$	$2,95 \cdot 10^{-4}$
+10 $^\circ C$	$6,3 \cdot 10^6$	$5,45 \cdot 10^6$	$11,1 \cdot 10^2$	–	$7,9 \cdot 10^6$	$6,84 \cdot 10^6$	$3,39 \cdot 10^2$	–
0 $^\circ C$	$1,55 \cdot 10^7$	$1,15 \cdot 10^7$	$27,2 \cdot 10^2$	–	$1,41 \cdot 10^7$	$1,05 \cdot 10^7$	$8,3 \cdot 10^2$	–
-10 $^\circ C$	$3,9 \cdot 10^7$	$2,94 \cdot 10^7$	$1,51 \cdot 10^3$	–	$2,59 \cdot 10^7$	$1,95 \cdot 10^7$	$1,55 \cdot 10^3$	–
-20 $^\circ C$	$9,9 \cdot 10^7$	$2,07 \cdot 10^7$	$5,7 \cdot 10^4$	–	$3,08 \cdot 10^8$	$6,45 \cdot 10^7$	$1,74 \cdot 10^3$	–
Гроза	$6,3 \cdot 10^6$	$6,3 \cdot 10^6$	$11,1 \cdot 10^2$	–	$7,9 \cdot 10^6$	$6,84 \cdot 10^6$	$3,39 \cdot 10^2$	–

Расчеты значений температурных напряжений, возникающих в покрытиях при разных температурах, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Температурные напряжения в покрытиях

Напряжение σ_t	σ_t в интервале температур, Па					
	+20 $^\circ C$	+10 $^\circ C$	0 $^\circ C$	-10 $^\circ C$	-20 $^\circ C$	Гроза
Битум (БН 70/30)	4,86	12,24	27,7	70,24	90,7	62,5

Полимербитум "крунам"	5,57	7,62	12,5	2,14	43,36	38,17
--------------------------	------	------	------	------	-------	-------

Расчет прочности армирующего материала (рубероид-картон, "крунам"-стеклосетка) производился по формуле:

$$R_a = K\delta_n b_n \sigma_t, \quad (2)$$

где K – коэффициент запаса $K = 2,5$; δ_n – толщина покровной массы (принята для рубероида РКМ-350-2,5 мм, для "крунама" – 3 мм); b_n – расчетная ширина полосы материала (принимаем $b_n = 50$ мм по ГОСТ 2678-97. Материалы рулонные кровельные); σ_t – температурные напряжения:

- для рубероида $\sigma_{t,max} = 90,7$ Па;

- для "крунама" $\sigma_{t,max} = 43,36$ Па;

$$R_{a_1}^{max} = 2,5 \cdot 0,4 \cdot 5,0 \cdot 90,7 = 90,7 \text{ Па}; R_{a_2}^{max} = 2,5 \cdot 0,4 \cdot 5,0 \cdot 43,36 = 216,8 \text{ Па}.$$

Полученные результаты сравниваем с прочностью на разрыв армирующего материала:

- для рубероида РКП-350 – 350 Н/5см;

- для "крунама" СТ 3,5 (В) – 750 Н/5см.

При расчете долговечности кровельных покрытий были использованы экспериментальные данные, изложенные в работе [1], в которой исследованы закономерности изменения долговечности полимербитумных композиций от температуры (в интервале температур $+20 \dots -20^\circ\text{C}$) и действующих напряжений (табл. 3).

Таблица 3 – Долговечность материалов при определенной температуре

Тип покрытия	Долговечность (лет) при температуре $^\circ\text{C}$					
	$+20^\circ\text{C}$	$+10^\circ\text{C}$	0°C	-10°C	-20°C	Гроза
Битум БМ 4 (рубероид)	52	44	62	20	11	0,4

Полимербитум "крунам"	240	280	890	250	76	0,79
--------------------------	-----	-----	-----	-----	----	------

В основу расчета приняты допущения, что температура и напряжения меняются непрерывно, а процесс разрушения необратим согласно критерию Бейли (принцип суммирования напряжений). Под воздействием разных напряжений материал каждый раз теряет определенную долю долговечности, и когда сумма достигает единицы, наступает его разрыв.

После определения значений долговечности покрытий при различных температурах в зависимости от действующих напряжений определялась общая долговечность материалов по формуле:

$$\tau_{(\sigma,t)} = \frac{100}{\frac{P_1}{\tau_1} + \frac{P_2}{\tau_2} + \dots + \frac{P_n}{\tau_n} + \frac{g}{\tau_g}}, \quad (3)$$

где P_1, P_2, \dots, P_n – процентное содержание дней в году с температурой T_1, T_2, \dots, T_n ;

$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ – долговечность материала соответственно при температурах T_1, T_2, \dots, T_n .

Рассчитанная по этой формуле прогнозируемая долговечность материалов покрытий для условий г. Краснодара составила:

- для битума БН4 (руберида) – 10,1 года;
- для полимербитума "крунам" – 24,7 года.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о предпочтительном применении полимербитумных материалов при устройстве кровельных покрытий в Краснодарском крае.

Список литературы

1. Кисина, А. М. Полимербитумные кровельные и гидроизоляционные материалы / А. М. Кисина, В. И. Куценко. – Л. : Стройиздат, 1983. – 133 с.