

УДК 665.775

## ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ПЕНЕТРАЦИЮ БИТУМНЫХ КОМПОЗИТОВ

Данилов В.М.<sup>1</sup>, аспирант гр. АСТ-212, IV курс, Сучков К.О.<sup>1</sup>, аспирант гр. АСА-222, III курс

Научный руководитель: Ярцев В.П.<sup>1</sup>, д.т.н., профессор

<sup>1</sup>Тамбовский Государственный Технический Университет, г. Тамбов

Среди строительных материалов битум прочно удерживает первые позиции благодаря своим уникальным свойствам. Главная функция этого материала — создание надёжного влагозащитного слоя. После его нанесения образуется прочный барьер, который эффективно защищает конструкции от проникновения влаги. Битум широко применяется на всех этапах строительства: от закладки фундамента до устройства кровли, а также при строительстве дорог [1, 2].

Учёные по всему миру активно исследуют свойства битума и ищут способы улучшить его характеристики. Российские специалисты добились значительных успехов в использовании нового сырья для производства битума и создании добавок, которые оптимизируют его свойства [3].

В данном исследовании рассматривается битумный композит на основе строительного битума БН 90/10, соответствующего ГОСТ 6617-76. В рамках работы изучаются различные наполнители для композита:

- керамзитовые отходы разных фракций (от 0 до 2,5 мм) в количестве 20, 30 и 50 массовых частей;
- древесная стружка размером 5–10 мм (10 массовых частей);
- древесная мука в объёме 10 и 20 массовых частей.

Для подготовки образцов, сначала осуществляли обезвоживание битума. Для этого пробу помещали в чашку и размещали на песчаной бане в сушильном шкафу. Материал нагревали до текучего состояния в температурном диапазоне 120...180 °С, причем конкретная температура зависела от исходной вязкости битума. После расплавления битум пропускали через мелкое сито с ячейками 0,6...0,8 мм и тщательно перемешивали для удаления воздушных пузырьков. На следующем этапе в расплавленную массу постепенно добавляли наполнитель в требуемой пропорции. Смесь тщательно перемешивали до получения однородной консистенции. Готовая смесь заливалась в формы, предварительно смазанные глицерином. Образцы оставляли затвердевать на 24 часа, что позволяло избежать усадочных деформаций.

Для испытаний в данной работе использовали образцы в виде полосы размерами 60×30×10 мм. Для определения температуры размягчения использовали стандартный прибор «кольцо и шар» в соответствии с ГОСТ 11506-73. В процессе испытаний проводили два измерения, после чего рассчитывали

среднее арифметическое полученных значений, которое и принимали за окончательную температуру размягчения материала.

Наиболее опасным видом механического нагружения приводящего к разрушению битумного покрытия является пенетрация. Исследование пенетрации (глубины проникновения твердого тела) проводили на пенетрометре, с соблюдением норм ГОСТ 11501-78. В ходе испытаний измеряли глубину, на которую проникала игла в битумную массу под действием силы в 1 Ньютон за 5 секунд при комнатной температуре (25 °С). Затем полученные данные конвертировали в градусы пенетрации, где каждый градус равнялся 0,1 миллиметра проникновения иглы. Для комплексной оценки свойств вязких битумов применяли особый показатель – индекс пенетрации. Он отражал коллоидные свойства материала и его отклонение от идеального вязкого состояния. Расчёт этого параметра выполняли по установленной эмпирической формуле:

$$0,02 \frac{20 - ИП}{10 + ИП} = \frac{\lg 800 - \lg П}{t_p - 25} \quad (1)$$

где *ИП* – индекс пенетрации;

*П* – пенетрация по Ричардсону при 25°С;

*t<sub>p</sub>* – температура размягчения по КиШ, °С [4].

Среди основных параметров, определяющих марку битума, особое место занимает показатель пенетрации – глубина проникновения иглы в материал. Полученные в ходе исследования данные отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели пенетрации для битумных композитов

Количество наполнителя, масс. ч.	Пенетрация					
	Виды наполнителя					
	Древесные отходы		Отходы керамзита			
	Стружка	Мука	<0,315	0,315...0,63	0,63...1,25	1,25...2,5
0	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3
10	4,3	5,3	–	–	–	–
20	–	5,7	11	15,7	16,4	16
30	–	–	–	–	13,0	14,0
50	–	–	7,22	9,25	13	14,3

Анализ данных из таблицы 1 демонстрирует следующую закономерность: в композициях с керамзитовым наполнителем, где размер частиц составляет менее 0,315 мм и от 0,315 до 0,63 мм, отмечается снижение показателя пенетрации. Однако при возрастании дисперсности наполнителя происходит противоположный процесс – увеличивается глубина проникновения стандартной иглы в битумную массу. При введении древесных отходов уменьшение значения пенетрации, что объясняется наличием крупных структурных включений.

Индекс пенетрации, рассчитываемый на основании показателей пенетрации, служит индикатором коллоидной структуры битума и позволяет определить, насколько его свойства отклоняются от типичного вязкого поведения материала.

Рассматриваемый битум марки БН 90/10 представляет собой окисленный битум с повышенной растяжимостью. Материалы данной категории (с ИП более +2) отличаются высокой эластичностью и отчетливо выраженными коллоидными характеристиками, свойственными гелеобразным системам.

Таблица 2 – Характеристики битумных композитов

Вид наполнителя	Количество, масс.ч.	T, (по КиШ), °C	Пенетрация, 0,1 мм	ИП	t <sub>хр</sub> , °C
—	0	90	10	2,1	-34,7
Керамзитовая крошка (0...2,5)	20	88	16	3,5	-42,5
	30	90	14	3,4	-43,8
	50	95	14,3	3,8	-51,6
Древесная мука	10	87	5,3	1,5	-27,5
	20	92	5,7	2,0	-36,0
Древесная стружка	10	85	4,3	1,0	-22,0

При анализе влияния добавления наполнителей в битумные композиции можно отметить положительную динамику: с ростом концентрации добавок увеличивается индекс пенетрации, что указывает на улучшение свойств материала. Однако стоит учитывать, что использование индекса пенетрации для оценки композиций имеет определённые ограничения, так как этот показатель в первую очередь предназначен для характеристики чистых битумных составов.

Среди ключевых параметров качества битумов особое место занимает интервал пластичности (t<sub>p</sub>–t<sub>хр</sub>), определяющий температурный диапазон, в котором материал сохраняет пластичные свойства. Количественная взаимосвязь между этим интервалом и индексом пенетрации может быть представлена соответствующей формулой:

$$t_p - t_{хр} = 7(10 - ИП) \quad (2)$$

Исследования показали, что добавление модифицирующих компонентов приводит к существенному росту температуры хрупкости битумных композиций. Расширение интервала пластичности в результате модификации обеспечивает битумам улучшенные эксплуатационные характеристики: они становятся более устойчивыми к образованию трещин в холодное время и лучше сопротивляются сдвиговым деформациям при высоких температурах, что значительно повышает их надежность в различных температурных условиях.

#### Список литературы:

1. Гун, Р. Б. Нефтяные битумы / Р. Б. Гун. – М.: Химия, 1973. – 343 с.
2. Барабанщиков, Ю. Г. Строительные материалы и изделия: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю. Г. Барабанщиков. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 416 с.
3. Ахмедьянова, Р. И. Способ модификации битума / Р. И. Ахмедьянова, Р. З. Кидрасов, Э. К. Аминова [и др.] // Естественные и технические науки. – 2024. – № 2(189). – С. 233-235.
4. Ярцев, В. П. Кровельные и гидроизоляционные материалы на основе битума / В.П. Ярцев, Е.В. Гурова // Строительные материалы. – 2003. – № 7. – С. 46-47.