

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ

А. А. КАПШУКОВ, В. И. БАРАНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Развитие строительных технологий в настоящее время неразрывно связано с разработкой новых видов полимерных композитов, которые позволяют создавать новые строительные материалы различного функционального применения: от гидроизоляционных материалов и отделочных изделий до изделий конструкционного назначения. Одним из эффективных направлений в этом отношении является разработка новых материал- и ресурсосберегающих технологий, базирующихся на процессах переработки вторичных полимеров [1]. Это связано с проблемой рециклинга и утилизации полимерных материалов, имеющихся в твердых коммунальных отходах, значительная часть которых во многих странах используется незначительно [2].

Техногенные отходы используются для получения защитных составов антикоррозионного и гидроизоляционного назначения, в особенности на основе битумных связующих. К недостаткам указанных материалов следует отнести их хрупкость и низкую морозостойкость, что снижает долговечность получаемых покрытий. Расширение температурного диапазона эксплуатации битумных материалов достигается введением различных модифицирующих добавок, в частности отходов нефтешлама и ультрадисперсных наполнителей [3, 4]. Еще одним перспективным направлением представляется технология получения полимер-минеральных композитов (ПМК) на основе легкодоступных и недорогих дисперсных наполнителей (ДН), к которым относятся, в первую очередь, силикатные частицы песка [5]. В качестве полимерной составляющей используют вторичные полимеры, которые образуются при утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО). Несомненный интерес вызывает и технологии получения древеснополимерных композитов (ДПК) для получения различных профильных изделий в строительстве (декинги, погонажные изделия и др.).

Целью работы является оценка возможности применения вторичных полимеров при получении битумно-полимерных композиций для защиты железобетонных изделий, при создании рецептур ПМК с использованием для их переработки метода пласт-формования и формирования ДПК, а также областей их применения и востребованности на рынке технических изделий в строительстве, ЖКХ и других отраслях промышленности.

Ранее в исследованиях проводили оценку композиций и полученных покрытий (температура размягчения и прочность сцепления с основанием). Температуру размягчения определяли по ГОСТ 11506–73 по методу кольца и шара. Прочность сцепления композиций с основанием определяли на разрывной машине методом нормального отрыва металлических и бетонных прямоугольных образцов, склеенных различными составами гидроизоляционной композиции после 3 суток выдержки при температуре 20 ± 5 °С. Испытания подтвердили вышеуказанные оптимальные технологические параметры совмещения системы «битум – полиэтилен».

В результате дальнейших исследований определены рациональные технологические параметры формирования покрытий на основе «битум – полипропилен». В результате проведенных модельных экспериментов установлено, что температура и время совмещения системы «битум – полипропилен» находится в пределах 180–190 °С и 8–10 минут, что позволило получить однородный и гомогенизированный материал. Возможность изменения полярности граничного слоя, способствующего повышению совместимости и адгезионной прочности в системе «полимер – битум», подтверждена сравнительными испытаниями композитов на основе вторичного полимера и битума с добавлением в них органозоля диоксида кремния. Показано, что достигается увеличение показателей прочности на 23 % в сравнении с исходной смесью, содержащей только полимер и битум, а также наблюдается снижение фибрилляции компонентов при воздействии на материал деформационных сил, что однозначно указывает на улучшение процесса совместимости в материале полимерных и битумных компонентов в присутствии диоксида кремния, а соответственно, формирование более высокой однородности композита. Оптимальные составы модельных композиций, мас. %, для исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы модельных композиций

Компонент	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Нефтешлам	10,0	10	10	10,0
Диоксид кремния	–	1,5	–	1,5
Битум	90,0	88,5	87,0	83,5
Полимер вторичный	–	–	3,0	5,0

Основой метода получения полимер-минерального композита методом пласт-формования является воздействие на композиционный материал температуры и давления с переводом его в вязкотекучее состояние. Полученный расплав термопластичного полимера и песок подвергают прессованию с одновременным охлаждением композита под давлением. Характерным примером такого композиционного материала является материал с исходными компонентами: песок 50–85 мас. %, полимерное связующее остальное. В качестве полимерного связующего применяют: первичные полимеры, в случае получения композитов с высоким уровнем механических свойств. Однако стоимостные показатели таких материалов не всегда устраивают потребителей. Поэтому чаще всего в производстве ПМК используют вторичные полиолефины (полиэтилен высокого и низкого давления, полипропилен), представляющие собой измельченное, агломерированное или гранулированное сырьё (рисунок 1).

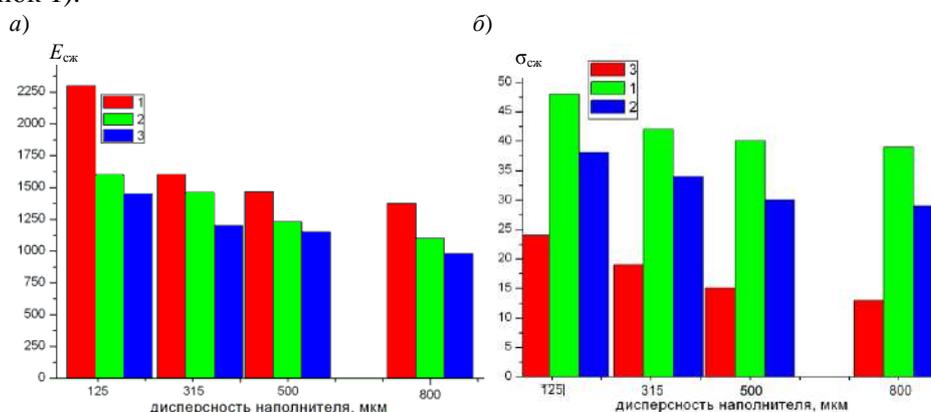


Рисунок 1 – Зависимость модуля упругости (а), разрушающего напряжения при сжатии (б) ПМК от дисперсности минерального наполнителя:

1 – 70 мас. % формовочный песок + 30 мас. % ПП; 2 – 70 мас. % дефекат + 30 мас. % ПП;
3 – 70 мас. % строительный песок + 30 мас. % ПП

При исследовании влияния стеаратов металлов и ультрадисперсных частиц на свойства древесно-полимерного композита с использованием вторичных термопластов показано, что при введении стеарата цинка в количестве 1–3 % наблюдается монотонное снижение модуля упругости и увеличение деформации, которое происходит за счет уменьшения межмолекулярного взаимодействия в полиэтилене, а повышение прочности связано с затеканием полиэтилена в микро- и макрошероховатости и капиллярно-пористую систему древесины. При введении стеарата цинка более 3 % наблюдается снижение прочности и модуля упругости. Это связано с образованием прослойки стеарата цинка между полимером и древесиной, в результате чего снижается адгезия полимера к древесине и образуется рыхлая структура. Введение ультрадисперсных частиц (диоксид кремния) способствует улучшению свойств композитов, однако необходимо учитывать, что данные частицы склонны к агломерированию в композите при переработке.

Таким образом, проведенный анализ показал, что введение вторичных полимеров, ультрадисперсного диоксида кремния и отходов нефтешлама позволяет повысить свойства композиции путем улучшения совместимости вторичного полимера с битумным связующим и минеральным наполнителем, а также получать материалы с более экономичными показателями.

Список литературы

1 Шаповалов, В. М. Технология полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и изделий / В. М. Шаповалов. – Минск : Беларуская навука. – 2010. – 435 с.

2 Рециклинг и утилизация тары и упаковки / А. С. Клинков [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 112 с.

3 Ярцев, В. П. Битумные композиты : учеб. пособие для студентов / В. П. Ярцев, А. В. Ерофеев. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2014. – 80 с.

4 Кисина, А. М. Полимербитумные кровельные и гидроизоляционные материалы / А. М. Кисина, В. И. Куценко. – М. : Стройиздат. – 1996. – 134 с.

5 Михайлов, К. В. Полимербетоны и конструкции на их основе / К. В. Михайлов, В. В. Патуроев, Р. Крайс. – М. : Стройиздат, 1989. – 304 с.

УДК 624.13

К ВОПРОСУ О СТАТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ СЕТЧАТЫХ ПЛИТ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ МЕТОДОМ Б. Н. ЖЕМОЧКИНА

О. В. КОЗУНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность и своевременность предлагаемой работы в том, что вопросы расчета сетчатых плит и системы перекрестных лент на упругом основании до настоящего времени не исследованы в полной мере. Автор предметно и достаточно обстоятельно знаком с научными работами таких известных ученых, как М. И. Горбунов-Посадов [1], И. А. Симвулиди [2], Г. Я. Попов [3], С. Д. Семенов [4], С. Н. Клепиков [5], которые различными подходами проводили исследования по расчету сетчатых плит и пространственных монолитных фундаментов как системы перекрестных фундаментных лент на упругом основании.

Обзор литературы. Известно, что в результате научно-технического прогресса совершенствовались и уточнялись методы статического расчета указанных выше конструкций [1, 4–8]. Это можно проследить на различных моделях упругого основания, которыми математически заменялись реальные грунты в естественном залегании или в искусственном основании при постановке геотехнических задач.

Разнообразие практических задач приводит к неоднозначному моделированию упругого основания. Особую трудность представляет собой выбор расчетной модели упругого основания для разных видов грунтов. Довольно полный обзор моделей упругого основания для расчета фундаментных балок, балочных плит и фундаментных плит сплошного сечения приводится в работах [4, 9, 10]. В монографии С. Д. Семенова в ходе статического расчета перекрестных лент фундаментов мелкого заложения систематизируются и классифицируются модели упругого основания [4] с дальнейшими практическими приложениями. Комбинация модели упругого полупространства и модели Винклера весьма успешно подходит для расчета конструкций на неоднородных основаниях, имеющих слоистую структуру. Такие основания встречаются при устройстве фундаментов на искусственной песчаной подушке и моделируются комбинированными моделями [8, 11].

С механической точки зрения расчет конструкций на упругом основании есть решение контактной задачи соприкасающихся тел [12]. Данные задачи сводятся к решению интегральных уравнений, решение которых зависит от ядра интегрального уравнения и формы соприкасающихся тел [13]. При простых формах контактирующих тел основная трудность состоит в определении ядра интегрального уравнения, которое еще называют функцией Грина контактирующих тел [8].

В инженерной практике нецелесообразно решать каждую контактную задачу через интегральные уравнения в связи с трудоемкими математическими вычислениями. Поэтому на практике успешно используют метод Б. Н. Жемочкина [14], который сводит контактную задачу к задаче строительной механики.

Ниже предлагается общий подход для расчета сетчатых плит на статическую нагрузку на линейно-деформируемом основании, основанный на методе Б. Н. Жемочкина и позволяющий с единых позиций рассчитывать сетчатые плиты или систему перекрестных фундаментных лент любой формы и жесткости на различных моделях упругого основания на произвольную вертикальную нагрузку.

Численная реализация предлагаемого подхода выполнена на примере симметрично нагруженной равномерно распределенной нагрузкой прямоугольной фундаментной плиты с отверстиями на упругом полупространстве и упругом слое в сравнении.