

процессе ее строительства. Перевозка всех конструкций, так же как и материалов для строительства автодороги на земляном полотне, при этом может быть обеспечена только автомобильным транспортом, для которого потребуется временная дорога. Насыпи в минимальном объеме, так же как и в первом варианте, должны быть готовы до прохода агрегата.

Во избежание непроизводительных потерь времени на стадии головного монтажа на опоры устанавливаются только средние блоки пролетного строения; два боковых блока устанавливаются позже – обычным стреловым краном. Железнодорожный временный путь на эстакаде при первом варианте организации работ может быть решен в предельно упрощенном виде и состоять только из рельсов, связанных жесткими стальными распорками. Средний блок пролетного строения устанавливается в сборе со звеном такого пути. Этим приемом обеспечивается исключение расходов на шпалы и ускорение монтажа.

Эстакада, законченная первичным монтажом, открывается под движение рабочих поездов, обслуживающих строительство дороги, что показывает весьма ценные организационные возможности. К этому моменту сооружение будет уже в достаточной степени обкатано нагрузкой от монтажного агрегата и вагонами, подвозящими к нему конструкции эстакады. Если для других рабочих поездов выделить лишь определенные часы суток, то в остальное время можно заниматься контрольными испытаниями опор, усилением свай, заполнением их полостей и омоноличиванием стыков. Для длинных эстакад эти работы могут частично быть совмещены во времени с головным монтажом – в интервалах между относительно редкими подачами вагонов с конструкциями эстакады.

На основании вышеизложенного проработана новая конструкция железнодорожной эстакады для перехода болот глубиной до 5–6 м. Грунт минерального дна принят глинистым с коэффициентом консистенции $I_L = 0,4$. Относительно небольшая глубина болота позволила принять разбивку сооружения на малые пролеты и предельно упростить схему опор. Для сопротивления продольным горизонтальным нагрузкам плоские двухсвайные опоры попарно соединены ригелями с образованием жестких пространственных рам.

Варианты эстакады с пролетами по 12,5 м на пространственных опорах с четырьмя вертикальными или наклонными сваями такого же сечения оказались менее экономичными. Очевидна также большая сложность монтажа из-за увеличенных размеров и массы элементов, а также проблематичность контроля несущей способности четырехсвайных пространственных опор.

Пролетные строения длиной 6,25 м приняты безбалластной конструкции с непосредственным креплением рельсов к железобетонной плите, цельноперевозимой, с приставными тротуарами. В консольных частях плиты необходимо предусмотреть вырезы, открывающие доступ к отверстиям в оголовках опор и полостям свай.

Список литературы

1 Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы : постановление Совета Министров Республики Беларусь 28.04.2016 № 345, с изм. и доп. / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь [Электронный ресурс] /. – Режим доступа : pravo.by. – Дата доступа : 19.05.19.

2 Довгелюк, Н. В. Эстакады на болотах / Н. В. Довгелюк, Д. Н. Добровольский, М. А. Масловская // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексе : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2015. – С. 204–208.

УДК 625.7/8:691.175.5/8

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ТЕРМОПЛАСТКОМПОЗИТОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Д. И. БОЧКАРЁВ, П. А. КАЦУБО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В течение последних лет полимерные материалы нашли применение во всех сферах строительства и стали конкурентоспособными по отношению к таким материалам, как бетон, асфальтобетон, металл, дерево и керамика. На сегодня трудно представить развитие современных технологий без использования новых полимерных материалов.

В мире для производства пластмасс используется порядка 4 % нефтепродуктов. При этом любое изменение стоимости энергоносителей на мировом рынке оказывает огромное влияние на производство пластмасс [1].

В то же время наряду с возрастающими потребностями в пластмассах наблюдается тенденция к уменьшению натуральных ресурсов, что может стать барьером для дальнейшего развития и производства полимерных материалов. Поэтому в последние годы большое внимание уделяется проблемам рециклинга, так как это представляется одним из эффективных способов получения новых материалов, экономии энергии и сырья [2].

В данном направлении представляют интерес исследования термопласткомпозитов (ТПК), которые могут использоваться в качестве дорожно-строительных материалов, не содержащих битумное вяжущее, а их физико-механические и эксплуатационные свойства выше, чем у традиционных материалов для автомобильных дорог, также могут реализовать новые технологические процессы строительства и ремонта.

Проведенные исследования физико-механических свойств ТПК показывают, что измельченные отходы полиэтилена и полипропилена могут успешно применяться в качестве наполнителей для ТПК. Обладая низкой плотностью и хорошо развитой поверхностью, они обеспечивают в композите формирование прочного адгезионного взаимодействия, что, соответственно, способствует получению стабильного уровня физико-механических свойств.

Важным фактором, определяющим структурообразование в наполненных полимерных системах, является полное смачивание всей поверхности наполнителя полимером. Взаимодействие полимера и наполнителя – основное условие усиления полимеров при введении наполнителей, а адгезия полимера к поверхности наполнителя – один из основных факторов, определяющих физико-механические свойства наполненных систем [3].

При применении ТПК в дорожном покрытии основным фактором, влияющим на эксплуатационные характеристики, является низкая атмосферостойкость, в особенности при воздействии ультрафиолетового излучения. Существующие недостатки могут решаться введением в состав композитов различных модификаторов.

Одним из методов при регулировании адгезионного взаимодействия является модифицирование поверхностей минеральных наполнителей, что обеспечивает прочную связь молекул полимера с поверхностью наполнителя. К основным методам модифицирования можно отнести: химическую, способствующую лучшей адгезии полимера и поверхности наполнителя, механохимическую, обеспечивающую поверхностную активацию частиц наполнителя, термическую и плазмохимическую [4].

Одним из решений проблемы защиты от световой энергии является введение в полимеры светостабилизаторов (применяют производные салициловой кислоты, производные бензофенона, бензотриазолы [5]). Введение таких добавок повышает стабильность полимеров, стойкость его к внешним воздействиям и увеличивает сроки их эксплуатации [6].

Все эти модификаторы находят свое применение в составах ТПК, используемых для формовочных изделий. Одним из недостатков при применении в дорожном покрытии является высокая стоимость, вследствие чего увеличивается и стоимость готовой смеси.

Наиболее оптимальным по ценовому фактору и взаимодействию с полиолефинами является углерод технический, который используется как замедлитель процесса старения у пластмассы. Он способен придавать материалу специальные свойства: электропроводимость развивает способность к поглощению ультрафиолетового излучения и излучения радаров [7].

Большое количество стабилизирующих веществ указывает, прежде всего, на необходимость проведения исследований по их оптимальному выбору для защиты полимеров в составе ТПК от воздействия атмосферных факторов путем снижения окислительных процессов при эксплуатации в дорожном строительстве.

Проведенные исследования физико-механических свойств ТПК состава рецептур: песок (земля горелая формовочная) – 52 %, полиэтилен и полипропилен – 47 % и углерод технический – 1 % – свидетельствуют, что полученные характеристики в сравнении с асфальтобетоном имеют значительные преимущества.

Рассмотрены технические решения применения вторичных материалов в дорожном строительстве, а также методы повышения физико-механических и эксплуатационных свойств ТПК путем введения различных модификаторов. Такой подход предполагает их эффективную эксплуатацию на ответственных участках автомобильных дорог в качестве дорожного покрытия.

Список литературы

- 1 Шаповалов, В. М. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов / В. М. Шаповалов, З. Л. Тартаковский ; под общ. ред. чл.-кор. НАН Беларуси Ю. М. Плещачевского. – Гомель : ИММС НАН Беларуси, 2003. – 262 с.

2 Носов, К. С. Высоконаполненные полимер-минеральные композиты и технология получения из них технических изделий для жилищно-коммунального хозяйства и строительства, обзор / К. С. Носов, В. М. Шаповалов // *Материалы. Технологии. Инструменты.* – 2013. – Т. 18. – № 4. – С. 63–70.

3 Шаповалов, В. М. Технология полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и изделий / В. М. Шаповалов. – Минск : Беларуская навука, 2010. – 453 с.

4 Пат. 2170716 Российская Федерация, МПК⁷ С 04В 26/02, В29В 17/00. Песчано-полимерный материал / А. М. Тарасенко, А.И. Жуков, М. Манес ; заявитель Тарасенко Александр Михайлович. – № 2000116996/12; заявл. 30.06.2000 ; опубл. 20.07.2001.

5 Пат. № 2185397 Российская Федерация, МПК С08L9/00. Термопластичная композиция и способ её получения / С. И. Вольсон, Ю. М. Казаков, В. П. Дорожин, Д. В. Щебаков; заявитель: С. И. Вольсон. – № 2185397; заявл.: 07.12.1999; опуб.: 20.07.2002.

6 Справочник по химии полимеров / Ю. С. Липатов [и др.] // *Наукова думка.* – Киев, 1971. – 536 с.

7 Маския, Л. Добавки для пластических масс / Л. Маския. – М., 1978. – 184 с.

УДК 624.072.21.7

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ШПАЛЫ ИЗ ТЕРМОПЛАСТКОМПОЗИТА

Д. И. БОЧКАРЁВ, А. С. ПОСТНИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Шпалы являются важным элементом верхнего строения пути. С ростом осевых нагрузок и скоростей движения поездов возрастает интенсивность их износа и, как следствие, повышаются требования к эксплуатационным характеристикам. В настоящее время широко используются деревянные шпалы, которые благодаря естественной упругости выдерживают высокие осевые нагрузки. В то же время, несмотря на различные технологии антисептической пропитки, деревянные шпалы имеют невысокую долговечность (8–10 лет), а также не в полной мере обеспечивают стабильность ширины рельсовой колеи. Железобетонные шпалы обеспечивают значительно больший срок службы, однако вследствие их высокой жесткости увеличивается объем выправки пути по уровню на 20–25 % по сравнению с деревянными шпалами, а также рост в 2–3 раза выходов из строя рельсов по стыковым дефектам. Кроме того, железобетонные шпалы имеют более высокую стоимость, невысокую прочность под воздействием изгибающих моментов при действии поездной нагрузки и недостаточную долговечность при эксплуатации в агрессивной и коррозионно-активной среде.

В качестве альтернативы традиционным материалам для изготовления шпал может быть использован термопласткомполит, содержащий песок в качестве наполнителя, термопластичный полимер в качестве связующего и полифункциональные добавки. Компоненты могут быть получены из местных сырьевых источников, в том числе посредством переработки производственных отходов. Технологический процесс изготовления шпалы из данного материала включает в себя прессование с одновременной термообработкой термопласткомполитной массы. Полученный композиционный материал имеет физико-механические свойства, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики материалов для изготовления шпал

Параметр	Материал		
	Дерево (сосна) с 15%-ной влажностью	Бетон В40 ГОСТ 26633	Термопласткомполит
Плотность, кг/м ³	513	2250	1620
Модуль упругости, МПа	8800	17854	1610
Коэффициент Пуассона	0,02 (при напряжениях, направленных поперек волокон)	0,17	0,39
Модуль сдвига, МПа	500	–	580
Предел прочности при сжатии, МПа	34,8	51,39	19,9
Предел прочности при изгибе, МПа	71,8	5,65	15,9
Водопоглощение по массе, %	30 (для пропитанной антисептиком)	8	0,6
Морозостойкость	–	F300	F500

Исследование напряженно-деформированного состояния шпалы из термопласткомполита осуществлялось методом математического моделирования системы «шпала – основание» с выводом результатов в численном и графическом виде с использованием универсальной программной системы конечно-элементного (МКЭ) анализа. Для оценки точности полученных решений проводи-