

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-

лась серия расчетов на сетках, отличающихся размером и количеством ячеек. При оценке результатов использовалась градиентная окраска распределения перемещений и напряжений по объему конструкции. Одновременно рассматривались две конструкции шпалы – без армирования и с армированием (рисунки 1–3).

При моделировании контактные пары в скреплениях заданы через трение. Жесткое соединение предусмотрено только в арматуре скреплений, соединяющей с телом шпалы. В качестве армирования предусмотрены 5 стержней диаметром 12,0 мм, уложенных на расстоянии 25 мм от нижней поверхности подошвы. Поездная нагрузка принималась равной 225 кН, умножалась на коэффициент надежности для подвижной нагрузки 1,5 (согласно EN 1991) и на динамический коэффициент 1,2 (аналогично мостовым сооружениям). Таким образом, общее значение нагрузки принималось равным 405 кН.

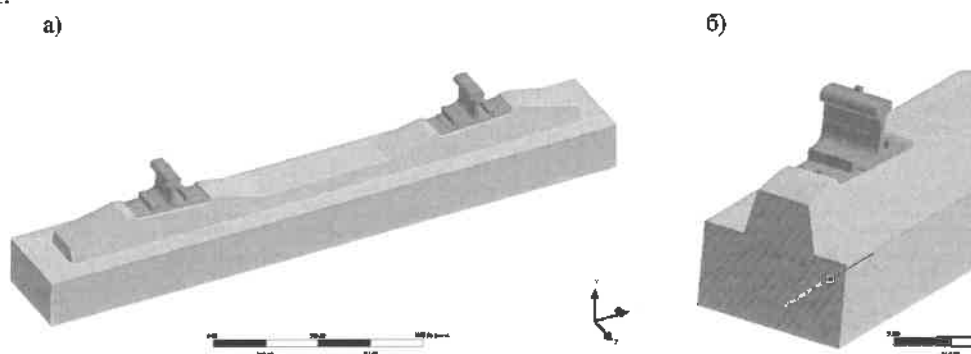


Рисунок 1 – Расчетная модель шпалы из термопласткомпозиата без армирования (а) и с армированием (б)

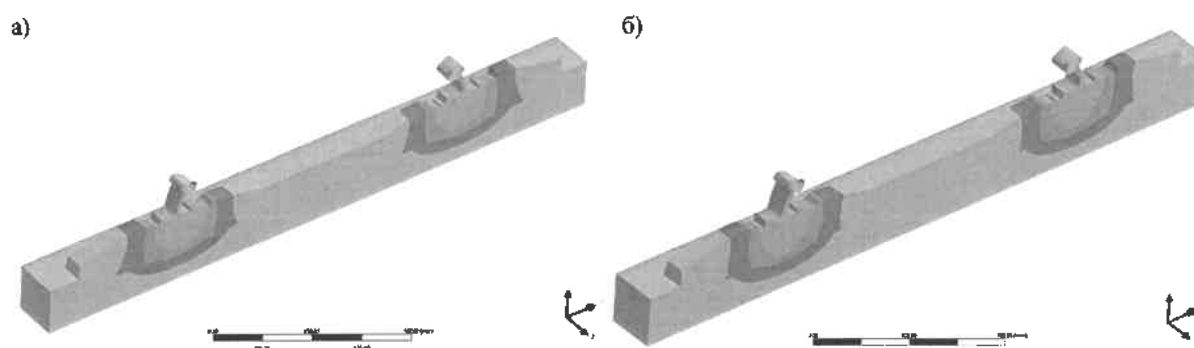


Рисунок 2 – Деформации модели шпалы из термопласткомпозиата без армирования (а) и с армированием (б)

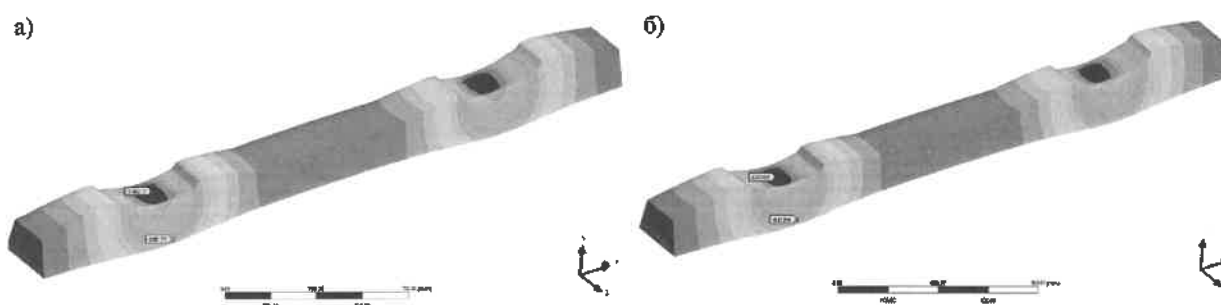


Рисунок 3 – Деформации шпалы из термопласткомпозиата без армирования (а) и с армированием (б)

Анализ деформаций шпал показывает, что существенных отличий в схемах деформирования шпал с армированием и без армирования нет, что является следствием низкого модуля упругости термопласткомпозиата. Однако характер распределения напряжений при появлении армирования значительно меняется (рисунок 4).

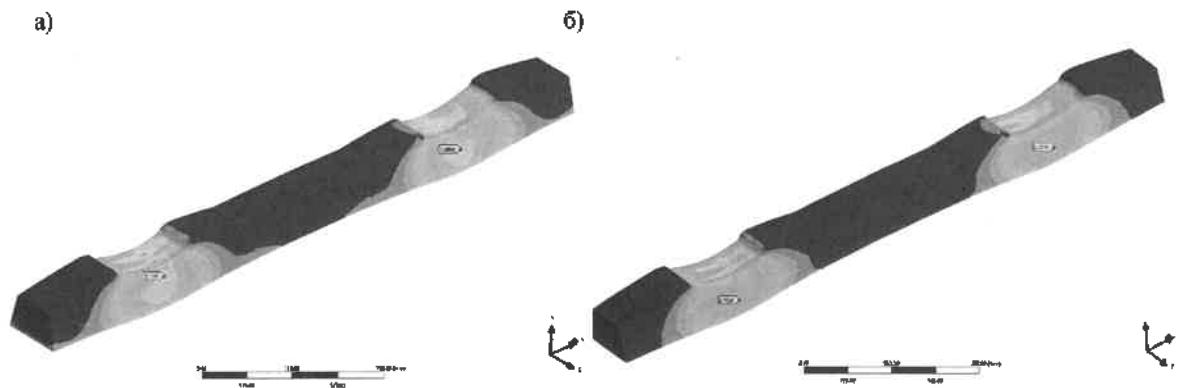


Рисунок 4 – Эквивалентные напряжения по критерию Мизеса в модели шпалы без армирования (а) и с армированием (б)

При изучении полученных напряжений считаем, что термопласткомпозит абсолютно изотропный материал. В модели шпалы с армированием наблюдается падение напряжений на 10 % даже в той зоне, на которую прямого влияния оно оказывать не может. Кроме того, при армировании меняется характер распределения напряжений, что особенно видно на подошве шпалы (рисунок 5).

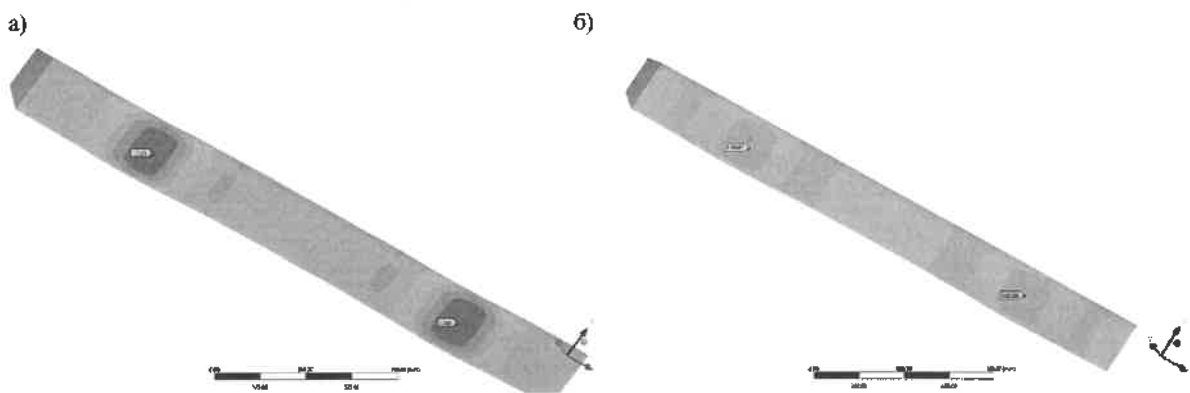


Рисунок 5 – Распределение нормальных напряжений по подошве шпалы на модели без армирования (а) и с армированием (б)

Таким образом, для нормальной работы шпалы под действием поездной нагрузки необходимо армирование по схеме, принятой выше. Распределение нормальных напряжений по модели шпалы с армированием и напряжения в арматуре представлены на рисунке 6.

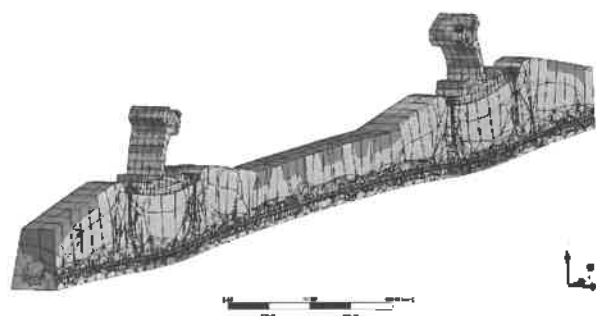


Рисунок 6 – Распределение нормальных напряжений по модели с армированием, напряжения в арматуре

Таким образом, результаты проведенного математического моделирования показывают возможность эксплуатации шпал из термопласткомпозита под действием современных поездных нагрузок, позволяют получить значения возникающих в материале шпалы силовых факторов и предложить оптимальную для ее изготовления конструкцию с учетом физико-механических свойств материала.