

Современное озеленение и «успокоение» трафика можно совместить с бесперебойным доступом пожарно-спасательной техники. Нужно – проектировать коридор реагирования как первичный слой, а зелёные/бордюрные элементы как вторичный, подчинённый этому слою, с наездными/прерывистыми решениями и исключением рядовой посадки на полосе работы автолестниц. Это соответствует действующим требованиям СП/ТКП/СН и даёт измеримый выигрыш во времени отклика без отказа от «зелёности» города [1, 3, 4].

Список литературы

- 1 СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объёмно-планировочным и конструктивным решениям (с изм. и доп.). – Введ. 24.06.2013. – М. : Минстрой России, 2013. – 86 с.
- 2 Правила противопожарного режима в Российской Федерации : постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 (ред. действ.) // КонсультантПлюс.Россия : справ. правовая система (дата обращения : 02.10.2025).
- 3 ТКП 45-2.02-315-2018 (02250). Здания и сооружения. Пожарная безопасность. Обеспечение подъездов и подъездных путей для пожарной техники. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2018.
- 4 СН 3.03.06-2022. Улицы населённых пунктов. Нормы проектирования. – Введ. 25.03.2022. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2022. – 56 с.
- 5 ГОСТ Р 52605-2006. Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Технические требования и правила применения. – Введ. 01.01.2008. – М. : Стандартинформ, 2007. – 14 с.

УДК 625.03

ВЕРИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННЫХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В. В. РОМАНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные исследования в различных областях требуют применения сложных математических моделей, а также численных методов их решения. Для возможности оценки их корректности и надёжности необходима верификация этих методов.

Верификация – это процесс проверки правильности и достоверности данных, моделей и методов. В контексте математических исследований и численных методов верификация предполагает оценку их точности и адекватности описываемым моделям, может включать:

- для простых случаев – сравнение результатов с аналитическими решениями;
- тестирование или экспериментальные исследования на натуральных образцах;
- оценку погрешностей результатов и устойчивости методов.

Математические методы исследования представляют собой аналитические подходы, основанные на теоретических основах, например, при оценке надёжности конструкции на растяжение в соединении элементов используют методы, основанные на физических и математических закономерностях, применяемых в строительной механике.

Так, например, методика исследования составной конструкции (составных деревянных шпал (СДШ) [1]) базируется на методе математического анализа, который учитывает все аспекты, влияющие на прочность и надёжность конструкций, включает в себя свойства материалов, режимы эксплуатации и влияние внешних факторов [2]. Целью является получение оптимальных расчетных параметров элементов СДШ на основании анализа конструкции на статическую устойчивость с расчетом напряжений и изгибающих моментов согласно условию

$$\sigma_{t.o.d} \leq f_{t.o.d}, \quad (1)$$

где $\sigma_{t.o.d}$ – напряжение растяжения вдоль волокон древесины, кН; $f_{t.o.d}$ – сопротивление древесины растяжению вдоль волокон, кН.

Принципы математического моделирования и расчета позволяют спроектировать поведение конструкции с учетом множества факторов, таких как: назначение конструкции и особенности ее работы, условия эксплуатации, состав, свойства и особенности применяемых материалов, форму и размеры элементов и деталей конструкций (рисунок 1).

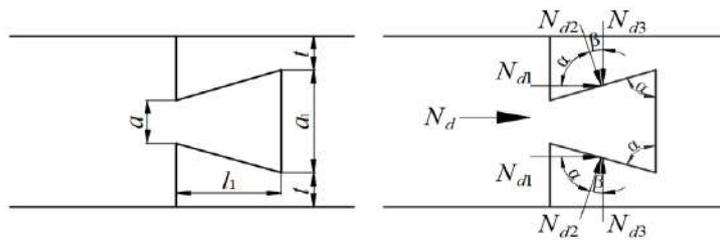


Рисунок 1 – Схема определения размеров соединения элементов в зависимости от приложенной нагрузки

Численные методы, в отличие от аналитических, реализуются с помощью алгоритмов и позволяют находить приближенные решения. Они широко используются в инвентаризации и при испытаниях образцов, особенно когда точное решение недоступно или имеется множество вариантов [3]. Имитационное моделирование может быть проведено методом конечных элементов (МКЭ), основанным на оценке предельных состояний и деформаций под воздействием внешних факторов, например, с применением численных алгоритмов САД-системы Autodesk Inventor.

Численный метод позволяет создавать адаптивные модели СДШ, параметры которых можно изменять с учетом различных условий и требований, например, размеры поперечного сечения конструкции, величину нагрузки.

По заданным параметрам модели (размеры, материал, геометрия и нагрузка) создается сетка, которая разбивает модель на множество элементов. Это обеспечивает более точные результаты по сравнению с другими способами моделирования. Затем выполняется анализ, по результатам которого получаются напряжения по всем элементам. Формируются трехмерные напряжения и деформации в различных направлениях XX , YY и ZZ , на их основании определяется эквивалентное напряжение – напряжение по фон Мизесу (рисунок 2).

Оценка распределения напряжений и определение потенциальных мест возникновения дефектов выполняется по визуализированным схемам сборок, основываясь на предположении, что материал повреждается в тех местах, где напряжения равны предельному значению, а именно пределу прочности на растяжение. Таким образом, возможно исследовать значительный вариативный ряд моделей без изготовления натуральных образцов.

Основная задача шпал – обеспечение стабильности ширины рельсовой колеи. Для железнодорожных путей, где обращается подвижной состав со скоростью движения поездов до 25 км/ч, ширина колеи должна составлять от 1512 до 1526 мм. При превышении данных показателей – движение поездов должно быть прекращено. Определение величины изменения ширины колеи возможно выполнить при экспериментальных исследованиях, которые позволят верифицировать результаты математического и численного исследования.

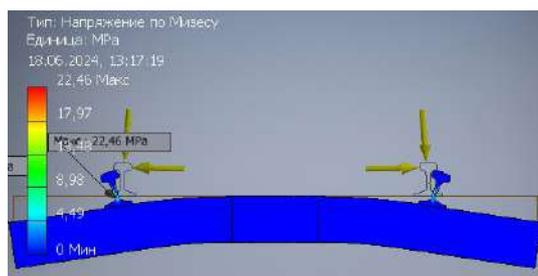


Рисунок 2 – Результаты численного моделирования

Подобные испытания проводятся на натуральных образцах, с применением специального оборудования (рисунок 3).

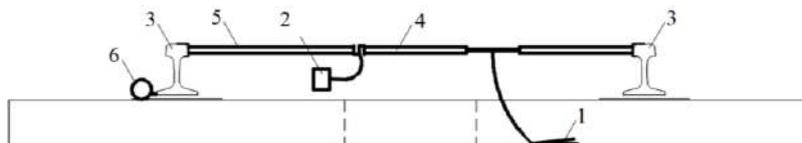


Рисунок 3 – Схема проведения экспериментального исследования:
 1 – насос ручной гидравлический; 2 – тензометрический датчик силы; 3 – рельсовые упоры;
 4 – промежуточные вставки; 5 – горизонтальная штанга; 6 – стойка индикаторная и индикатор

Подобные испытания проводятся с целью исследования реакции материалов и определения реального поведения изделия под нагрузкой.

Таким образом, если результаты математического и имитационного моделирования подтверждаются экспериментальными данными, можно утверждать об объективности разработанной модели и возможности ее изготовления и эксплуатации.

Список литературы

- 1 Романенко, В. В. Ресурсосберегающая технология изготовления составных деревянных шпал / В. В. Романенко, А. Б. Невзорова // Труды БГТУ. Серия 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2023. – № 2 (270). – С. 143–151.
- 2 Дунаев, В. Ф. Лесопиление: от геометрии к физике, механике и технологии / В. Ф. Дунаев // Лесной журнал. Серия: Механическая обработка древесины и древесиноведение. – 2008. – № 1. – С. 90–100.
- 3 Божелко, И. К. Физико-механические свойства комбинированных деревянных шпал / И. К. Божелко // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2018. – № 2 (210). – С. 211–217.

УДК 625.142

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЯ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ

В. В. РОМАНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Правильное определение оптимальных размеров узлов соединения составных конструкций является основанием для обеспечения их надежности, долговечности и экономической эффективности. Учитывая нагрузки, характеристики материала и использование современных методов анализа, можно спрогнозировать эксплуатационные показатели и сократить затраты на техническое обслуживание.

Увеличение длины брусьев, находящихся в горизонтальном положении, называется сращиванием. В этом процессе брусья соединяются друг с другом на торцах, которые могут быть обрезаны под прямым углом или под углом. На месте соединения концы брусьев могут накладываться наклонно и фиксироваться с помощью нагелей или гвоздей, обеспечивая дополнительную жесткость стыка. При разработке технологических схем для составных шпал важно учитывать не только длину оставшихся частей брусьев, но и условия их эксплуатации, места приложения нагрузки, а также конструктивные особенности других элементов пути [1].

Сращивание выполняется на опоре, которая поддерживает конструкцию по всей ее длине. В случае исследования составных деревянных шпал (СДШ) опорой служит балластная призма, обеспечивающая равномерное распределение нагрузки по основанию шпалы.

Основной задачей в деле выбора конструкции для изготовления является разработка вариативного ряда моделей с различными параметрами для определения оптимальных размеров соединения (сращивания). Данные получаются в результате математического анализа и обрабатываются с использованием методов математической статистики [2].

Размеры поперечного сечения можно принять в случае, если расчетные напряжения растяжения вдоль волокон древесины $\sigma_{t.o.d}$ не превышают сопротивление древесины растяжению вдоль волокон $f_{t.o.d}$. Расчетные напряжения

$$\sigma_{t.o.d} = \frac{N_d}{A_{net}}, \quad (1)$$

где N_d – продольная сила, кН; A_{net} – площадь поперечного сечения элемента нетто, m^2 ,

$$A_{net} = bh, \quad (2)$$

b – ширина сечения, мм; h – высота сечения, мм.