

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА КРЕПЛЕНИЯ ГРУЗА НА ОТКРЫТОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ

С. А. ПЕТРАЧКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

М. Г. ГЕГЕДЕШ

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь,
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время происходит непрерывная глобализация транспортных процессов, обуславливающая постоянное увеличение числа и типов перевозимых грузов, длины, скорости и массы железнодорожных составов и вызывающая необходимость совершенствования и вагонного парка, и способов размещения и крепления грузов. При этом значительную долю транспортируемых железнодорожным транспортом грузов составляют длинномерные, например железобетонные, изделия и металлопрокат. Такие грузы и средства их крепления обладают упруго-пластическими свойствами, учет которых при разработке схем их размещения и крепления возможен только при использовании компьютерного моделирования, поскольку применяемая в настоящее время методика расчета средств крепления грузов на железнодорожном подвижном составе использует положения, характерные для механики только твердых тел.

Целью представленной работы является рассмотрение возможностей компьютерного моделирования длинномерного груза криволинейной формы с малой площадью опирания с учетом упруго-пластических свойств фиксирующей конструкции.

Общая масса груза включает массу четырех узких арочных конструкций и массу средств крепления и составляет 52 т. Общий вид арочного груза приведен на рисунке 1, *а*. Смещение центра тяжести груза в продольном и поперечном направлениях равно нулю, т. к. центр тяжести грузов и вагона совпадают. Высота положения общего центра тяжести груза с вагоном составляет 3 м.

Для обеспечения сохранности груза и подвижного состава в процессе перевозки разработано устройство, которое приваривается к металлическому листу, прикрепленному к полу платформы, с его помощью которого фиксируется каждая единица арочного груза (рисунок 1, *б*). Устройство представляет собой металлическую раму, изготовленную из стандартных швеллеров, с равномерно расположенными ячейками, внутри которых установлен прокладочный материал, защищающий груз от механических повреждений и позволяющий обеспечить необходимый коэффициент трения между грузом и рамой. От поступательных перемещений груза в продольном и поперечном направлениях устройство защищено прижимными балками, создающими необходимую силу трения между грузом и рамой за счет завинчивания гаек с расчетным моментом затяжки.

Расчет основных характеристик груза и сил, действующих на него в продольном поперечном направлениях, выполнен на основе стандартной методики, применяемой при разработке схем размещения и крепления грузов [1]. Аналитические расчеты, выполненные по стандартной методике, позволили сделать вывод о том, что вагон с грузом устойчив от опрокидывания. При этом рассматриваемый длинномерный груз обладает двухсторонней верхней негабаритностью второй степени. Перевозка арочного груза возможна с использованием 4-осного транспортера модели 14-Т302 грузоподъемностью 64 т с использованием платформ прикртытия.

При этом расчет удерживающих сил при использовании разработанной удерживающей конструкции сложной конфигурации, состоящих из элементов, которые изготовлены из материалов с различными свойствами (металл и дерево), представляет собой весьма трудоемкий процесс. Поэтому для определения прочности предлагаемой конструкции под действием расчетных нагрузок, соответствующих двум расчетным режимам, которые характеризуются нагружением в продольном и поперечном направлениях, выполнен анализ напряженно-деформированного состояния устройства в модуле Static Structural программного инженерного комплекса ANSYS Workbench.

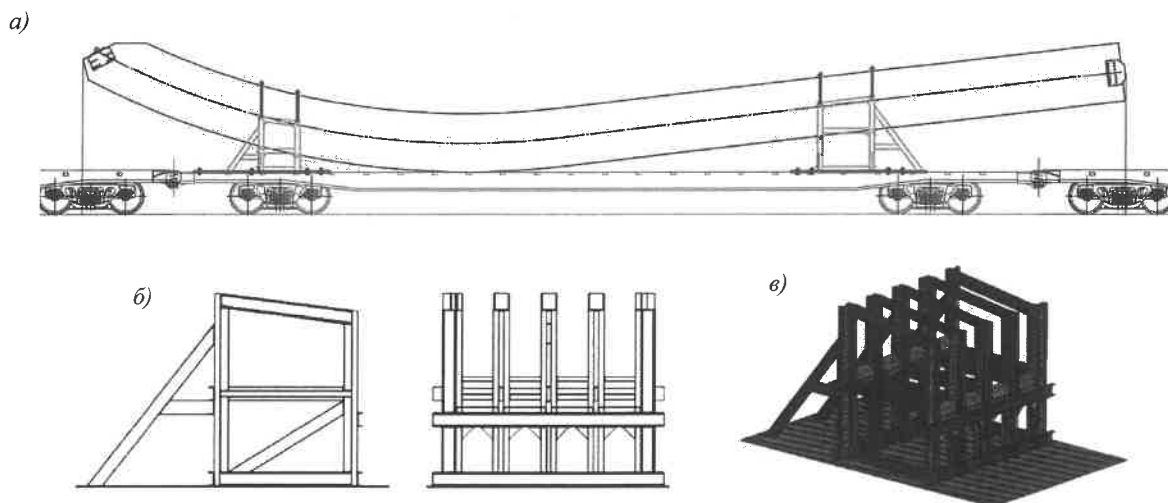


Рисунок 1 – Предъявляемые к перевозке длинномерный арочный груз (а), конструкция для его крепления (б) и разработанная конечноэлементная модель устройства (в)

В соответствии с аналитическим расчетом вес груза с учетом вертикальной инерционной силы и нагрузки от болтов, приходящийся на каждый горизонтально установленный брус, равен 94449 Н и принимается в расчетах равным 94,5 кН, расчетная нагрузка в продольном направлении составляет $19,94 \cdot 9,81 \cdot 1000 / 2 = 97806$ Н и принимается в расчетах равной 98 кН, в поперечном – $1,25(4 \cdot 3795 + 2750) \cdot 9,81 / 16 = 13742$ Н и принимается равной 14 кН. Также учитывались гравитационные силы для элементов конструкции (ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$).

Для первого режима нагружения, соответствующего действию на конструкцию инерционных сил и нагрузок в продольном направлении, максимальные эквивалентные напряжения составляют 121,27 МПа и не превышают предела текучести материала ($\sigma_T = 400$ МПа), нормальные напряжения в продольном направлении достигают 119,33 МПа и не превышают допустимого значения ($[\sigma] = 125$ МПа), максимальные деформации не превышают 1,6 мм. Второй расчетный режим подразумевает сочетание нагрузки от веса груза и сил, действующих на груз в поперечном направлении. Максимальные эквивалентные напряжения составляют 121,94 МПа, нормальные напряжения в продольном направлении достигают 117,69 МПа и не превышают соответствующих допустимых значений. Максимальные деформации составляют 3,3 мм. Результаты расчета эквивалентных напряжений, МПа, приведены на рисунке 2.

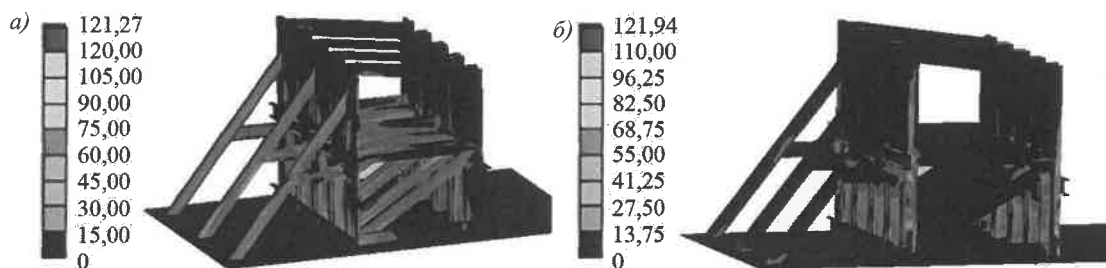


Рисунок 2 – Результаты расчета эквивалентных напряжений, возникающих в удерживающем устройстве, при первом (а) и втором (б) режимах нагружения

Таким образом, предлагаемое устройство сможет выдержать расчетные нагрузки в продольном и поперечном направлениях, позволит повысить безопасность процесса транспортировки и сохранности длинномерного груза сложной формы при перевозке железнодорожным транспортом за счет обеспечения их устойчивости от опрокидывания и поступательных перемещений при движении поезда на прямолинейных и криволинейных участках пути.

Список литературы

1 Технические условия размещения и крепления грузов. Приложение 3 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС): действует с 1 ноября 1951 г. с изменениями и дополнениями на 1 июля 2015 г. – Минск : Амалфея, 2015. – 216 с.