

вращений (плавления и затвердевания), целесообразно использовать численные методы анализа, в первую очередь, метод конечных элементов. Анализ температурных полей при различных граничных условиях позволяет оценить эффективность управления распределением температур и тепловых потоков в заготовке.

УДК 656.225.073.4

КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ КРЕПЛЕНИЙ ГРУЗОВ В ВАГОНАХ

А. О. ШИМАНОВСКИЙ, Е. А. СТАСЕНКО, Е. А. ШУМСКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта

К числу особенностей работы элементов креплений грузов на железнодорожном подвижном составе относится постоянное действие динамических нагрузок, вследствие которых нарушается плотность соединений. Поэтому методы расчета таких соединений, используемые в сопротивлении материалов, оказываются весьма приближенными и зачастую дают неверные результаты при расчете прочности. В связи с этим в работе поставлена задача уточненного определения напряженно-деформированного состояния деталей крепления груза в вагонах.

Одним из элементов, рекомендуемых для крепления грузов на железнодорожном подвижном составе, являются болты. Они, в частности, применяются для соединения составных частей подкладок и прокладок, предназначенных для крепления крупногабаритных грузов, для обеспечения устойчивости длинномерных грузов при перевозке на сцепе вагонов с использованием турникетных опор. При подборе размеров болтов в большинстве случаев пользуются условием прочности при срезе. Однако транспортировка некоторых видов грузов требует выполнения уточненных расчетов.

Разработана конечноэлементная модель болтового соединения с применением программного комплекса ANSYS. Расчетная схема включала две прямоугольные пластины: нижнюю и верхнюю, с размерами 100×80×10 мм и 140×80×10 мм соответственно. Их соединение осуществлялось с помощью болта с диаметром стержня 20 мм. Диаметр отверстия верхней пластины был равен диаметру стержня болта. Между стержнем болта и нижней пластиной имеется зазор 1 мм. Чтобы учесть взаимодействия между элементами конструкции, созданы три контактные пары: между головкой болта и верхней пластиной, между стержнем болта и верхней пластиной, а также соответствующая взаимодействию пластин. При создании сетки использовались призматические восьмиузловые конечные элементы.

Выполненные расчеты позволили установить значения напряжений в элементах соединения, а также найти контактные давления. Обнаружено, что максимальные напряжения наблюдаются в стержне болта. Расчетные значения деформаций не превышают 0,15 мм, что значительно меньше величины зазора между болтом и нижней пластиной.

Исследовано влияние коэффициента трения в области контакта на напряженно-деформированное состояние конструкции. Установлено, что при увеличении коэффициента трения происходит уменьшение компонент и нормального, и касательного напряжений. Расчеты показали, что максимальный зазор, образующийся между болтом и пластиной после приложения нагрузки, практически не зависит от коэффициента трения. При изменении коэффициента трения от 0 до 0,4 эквивалентные напряжения (по Мизесу) уменьшаются на 20 %.

При учете трения между деталями соединения обнаружено нарушение контакта между пластинами. Это явление сопровождается увеличением наибольших эквивалентных напряжений в верхней пластине и в месте соединения головки болта с его стержнем. Максимальное напряжение в конструкции по-прежнему наблюдается в стержне болта.

Сопоставление значений, полученных расчетом методом конечных элементов и по известной из курса сопротивления материалов формуле, предполагающей равномерность распределения касательных напряжений по площадке среза, показало, что реальные максимальные напряжения более чем на 50 % превышают расчетные значения по приближенной формуле. Анализ показал, что концентрация напряжений связана не только со сдвигом, но и с изгибом болта, а этот факт не учитывается при подборе размеров креплений. Поэтому при подборе размеров крепежных деталей следует принимать увеличенный коэффициент запаса прочности.

При расчетах изделий из древесины основываются на допущении о существовании в элементарном объеме древесины трех плоскостей симметрии. За плоскости симметрии каждого элементарно-

го объема при этом принимаются плоскости, перпендикулярные радиальному r и тангенциальному t (по отношению к годичным слоям) направлениям, и плоскость, перпендикулярная направлению волокна a .

Существование этих трех плоскостей симметрии в реальной древесине является идеализированной расчетной схемой. Если реальную плоскость ar с достаточным основанием можно рассматривать как плоскость симметрии элементарного объема древесины, то плоскость rt , перпендикулярную волокнам, можно рассматривать как плоскость симметрии лишь при условии постоянства свойств по длине ствола и при отсутствии сбега ствола. Что касается тангенциальной плоскости at , то она может рассматриваться как плоскость симметрии только без различия свойств ранней и поздней древесины, т. е. слоистого ее строения. Взгляд на древесину как на материал, элементарным объемам которого можно приписывать свойства ортогональной анизотропии, является в настоящее время наиболее распространенным и обоснованным опытными данными. Описанные особенности свойств древесины необходимо учитывать при расчетах креплений грузов на железнодорожном подвижном составе.

Для выявления особенностей взаимодействия элементов системы «деревянный брусок – гвоздь» создана конечно-элементная модель, которая включала деревянный брусок в форме параллелепипеда с размерами $100 \times 100 \times 20$ мм. Предполагалось, что на продольной оси симметрии в средней части деревянного бруска имеется трещина длиной 40 мм. В ней размещен стальной гвоздь с диаметром 4 мм. При моделировании использованы 10-узловые тетраэдральные объемные конечные элементы. С целью обеспечения наилучшей аппроксимации перемещений и напряжений в области контакта сгущалась сетка конечных элементов. Древесина рассматривалась как ортотропный материал. Области возможного соприкосновения поверхности древесины с гвоздем промоделированы плоскими контактными элементами.

Продолжительность решения задачи на ПЭВМ с процессором Pentium-4 с тактовой частотой 2000 МГц и оперативной памятью 512 Mb составила около 70 минут. Анализ результатов расчета позволил зафиксировать раскрытие трещины по волокнам древесины и показал наличие высоких значений контактных напряжений в граничных областях между деревянной поверхностью и гвоздем. Максимальный уровень напряжений зафиксирован в области оси гвоздя. Значения напряжений близки к пределу текучести материала, что говорит о необходимости учета пластических деформаций в указанной области.

Выполненный анализ напряженно-деформированного состояния деталей креплений грузов, работающих в условиях контактного взаимодействия, показал существенные расхождения с соотношениями сопротивления материалов. В некоторых случаях максимальные напряжения, полученные численным расчетом, оказались выше более чем в два раза. Поэтому при расчетах креплений дорогостоящих объектов целесообразно выполнение уточненных расчетов с применением разработанных в ходе исследований методик.

УДК 614.846

ВНЕДРЕНИЕ ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ШЛАКОВЫХ И ШАМОТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

А. А. ШЛЯХОВ

Научно-практический центр учреждения «Брестское областное управление МЧС»

Жаростойкий бетон – это бетон, способный сохранять в заданных пределах физико-механические свойства при длительном воздействии на него высоких температур. Вяжущими для него служат: *портландцемент*, шлакопортландцемент, глинозёмистый или периклазовый цементы, жидкое стекло, фосфатные связки и др. В вяжущие во многих случаях вводятся тонкомолотые добавки. В качестве *заполнителей* используют дроблёные огнеупорные или тугоплавкие горные породы, бой обожжённых огнеупорных изделий и некоторые др. материалы.

Для изготовления жаростойких предварительно напряженных железобетонных элементов в настоящее время используется лишь жаростойкий бетон на портландцементе с шамотным мелким и крупным заполнителем и шамотной тонкомолотой добавкой.

В настоящее время производится внедрение оптимальных составов жаростойких бетонов на основе шлаковых и шамотных заполнителей с целью замены на производствах дорогих покрытий на жаростойкие бетоны, которые в армированных конструкциях оказываются более термостойкими, чем шамотные и др.