

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ
ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ
ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА**

М. Г. КУЗНЕЦОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. А. МАРКАВЦОВ

Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, г. Минск

О. В. ХОЛОДИЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Надежная ходовая часть вагона обеспечивает безопасную работу железнодорожного транспорта. Исследование зон концентрации напряжений и повышенных значений разности главных механических напряжений в конструкции – важная составляющая при расчете структурной целостности, отказов и усталости для прогнозирования срока службы, составления графика технического обслуживания и определения необходимости замены или доработки деталей. Акустико-эмиссионная диагностика как вид неразрушающего контроля позволяет оперативно производить прогнозирование возможных дефектов конструкции, которые могут сократить срок ее службы, и является одним из способов повышения надежности эксплуатации тележек вагонов.

Как известно, препятствиями для прохождения достоверного акустического сигнала от дефекта являются несовпадение скорости распространения поверхностных акустических волн во всех направлениях, наличие на пути сигнала полостей, отверстий, сварных швов и пр. Дальность расположения соответствующего датчика оказывает существенное влияние на точность информации об источнике акустической эмиссии. Поэтому наибольшей эффективности такая диагностика достигает при расположении датчиков непосредственно в местах с расположением зон концентрации напряжений и областей повышенных значений разности главных механических напряжений. Один из способов получения соответствующей информации – проведение предварительного анализа напряженно-деформированного состояния буксового узла на основе конечно-элементного моделирования.

Таким образом, цель представленного исследования – повышение эффективности акустико-эмиссионной диагностики подшипниковых узлов за счет более корректного с точки зрения диагностики расположения датчиков, основанного на предварительном анализе его напряженно-деформированного состояния.

Геометрическая модель буксового узла создана с помощью САД – системы Autodesk Inventor Professional 2019. Для анализа напряженно-деформированного состояния буксового узла применялся инженерный комплекс ANSYS Workbench Static Structural. Рассматривался случай статического нагружения конструкции, равной 265кН и распределенной равномерно по поверхности верхней части внешнего кольца, по которому передается нагрузка на ролики подшипника.

Модель подшипника состоит из внутреннего и наружного стальных колец ШХ15ГС (параметры материала: модуль Юнга – $1,2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона – 0,3; предел текучести условный $\sigma_{0,2} = 370 \dots 410$ МПа; предел прочности на растяжение $\sigma_b = 590 \dots 30$ МПа; относительное удлинение после разрыва $\delta = 15 \dots 25$ %; относительное сужение $\psi = 35 \dots 5$ %; ударная вязкость КСУ = 44,0 Дж/см²). Между кольцами помещаются ролики из стали ШХ15ГС, которые с помощью сепаратора (клетки) удерживают их на одинаковом расстоянии друг от друга. Полиамидные сепараторы буксового роликового цилиндрического подшипника изготавливают из полиамида РА66 или РА6, упрочненного стекловолокном (предел текучести условный $\sigma_{0,2} = 90$ МПа; предел прочности на растяжение $\sigma_b = 110 \dots 230$ МПа; относительное удлинение после разрыва $\delta = 40$ %; относительное сужение $\psi = 25$ %; ударная вязкость КСУ = 4,5 Дж/см²). Для конечно-элементного анализа были использованы конечные элементы в форме тетраэдра, шестигранника или призмы в зависимости от исследуемой зоны. Результаты расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) корпуса буксового узла, МПа, приведены на рисунке 1.

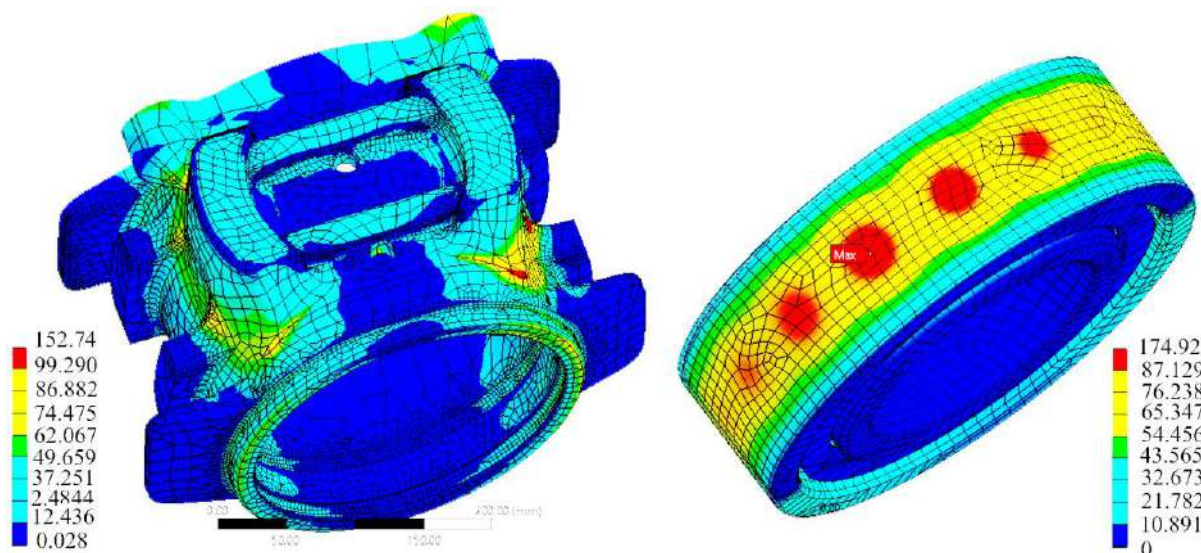


Рисунок 1 – Распределение напряжений по Мизесу в корпусе (слева) и подшипнике (справа) буксового узла

Расчеты показали, что максимальные напряжения во внешнем кольце возникают в момент, когда ролик подшипника находится в самом верхнем положении. Следовательно, установка датчиком акустической эмиссии будет осуществляться именно в этой зоне. Деформация диаметра в направлении челюстей (направляющих поверхностей) корпуса 250 мм не превышает допускаемое значение 0,2 мм (максимальное значение 0,0648 мм).

В результате расчета корпуса буксового узла с отверстиями под датчики акустической эмиссии в ребрах жесткости было показано, что деформация диаметра в направлении челюстей корпуса 250 мм не превышает допускаемое значение 0,2 мм (максимальное значение – 0,0653 мм). Деформация диаметра в направлении челюстей корпуса 250 мм не превышает допускаемое значение 0,2 мм (максимальное значение – 0,064801мм).

Нормальные напряжения корпуса буксового узла тележки грузового вагона не превышают допускаемое значение 450 МПа (максимальное значение – 72,37 МПа). Нормальные напряжения корпуса буксового узла с отверстиями под датчики акустической эмиссии в ребрах жесткости не превышают допускаемое значение 450 МПа (максимальное значение – 201,79 МПа). В результате расчета корпуса буксового узла с отверстиями под датчики акустической эмиссии около ребер жесткости не превышают допустимое значение 450 МПа (максимальное значение – 108,65 МПа).

Анализ НДС подшипника и корпуса буксового узла показал, что нормальные напряжения и деформации не превышают допустимых значений (0,2 мм и 450 МПа), однако вследствие меньших напряжений (108,65 МПа) в буксовом узле с отверстиями под датчики акустической эмиссии около ребер жесткости рекомендуется использовать данное месторасположение датчиков.

Таким образом, предварительный анализ напряженно-деформированного состояния конструкции с применением метода конечных элементов позволяет выявить наиболее нагруженные зоны, куда впоследствии следует устанавливать датчики акустической эмиссии для более эффективной диагностики дефектов и повреждений.

УДК 006.015.8: 625.1

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ К ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ПОДВИЖНОМУ СОСТАВУ

Ю. И. КУЛАЖЕНКО, В. С. ЗАЙЧИК, А. А. КЕБИКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Деятельность Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС) основана на «Договоре о ЕАЭС» [1], приложение IX которого посвящено вопросам технического регулирования. В соответ-