

его полноценную работу, а также надежно защищает от шума. Эффект от теплоизоляции ограждающих конструкций зданий достигается за счет увеличения термосопротивления ограждающих конструкций и уменьшения тепловых потерь.

Таким образом, комплексное внедрение энергосберегающих мероприятий при реконструкции жилых домов позволит создавать безопасное и энергоэффективное жилье в нашей стране.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач. – М.: АБОК, 2003.

УДК 539.3, 620.22

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ ИЗ АРМИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ШИН

В. В. МОЖАРОВСКИЙ, С. А. МАРЬИН, Д. С. КУЗЬМЕНКОВ

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Республика Беларусь

Н. А. МАРЬИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проанализировав теоретические, численные и экспериментально-теоретические методы расчета параметров контакта цилиндрических тел с учетом анизотропии свойств материалов пришли к выводу о необходимости создания математических и экспериментальных методик расчета контактного взаимодействия для системы «автомобильная шина колеса – дорога» с целью моделирования и оптимизации рисунка протектора шин. Проведено исследование напряженно-деформированного состояния слоистой системы, на поверхности которой расположена лунка радиуса  $r$ , при действии распределенной нормальной нагрузки (рисунок 1). Предполагается, что распределение нормальной нагрузки подчинено параболическому закону.

Математическое моделирование и численные расчеты проводились на основе экспериментальных исследований, проведенных в ИММС НАН РБ [1], в частности, получены параметры контакта (размеры зоны контакта) системы «шина колеса – плоское основание».

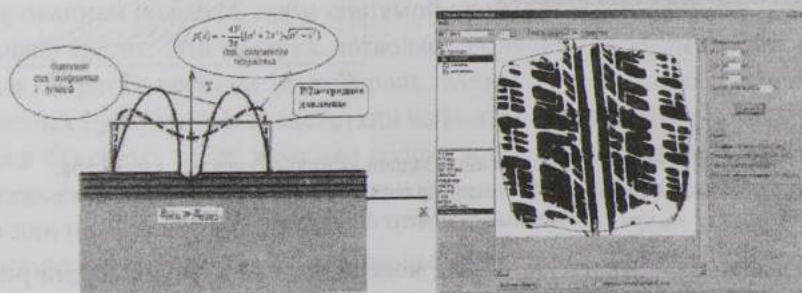


Рисунок 1 – Схема расчета и экспериментальное определение размеров зоны контакта системы «шина колеса – плоское основание»

Исследования напряженно-деформированного состояния рассматриваемой слоистой конструкции проводилось как на основе численных подходов, с использованием МКЭ, так и аналитических подходов, с использованием уравнений механики анизотропных тел. Разработана теория и алгоритм расчета напряженного деформированного состояния, как на поверхности колеса, так и в упругом основании (математическая модель дорожного полотна) при заданных давлениях, определяющихся экспериментально или численным расчетом. Суть метода состоит в следующем: рассматривается первая граничная задача о напряженно-деформированном состоянии армированного полупространства под действием произвольно распределенной нагрузки в области контакта, строятся аналитические зависимости, определяющие компоненты тензора напряжений и деформаций; производится дискретизация зоны контакта на некоторые граничные элементы считая, что на каждом граничном элементе действует нормальная и касательная нагрузка.

В частности рассмотрен случай для цилиндрических тел для случая плоской деформации, когда зону контакта можно аппроксимировать прямоугольником. Далее, используя принцип суперпозиции, определяются напряжения, как в зоне контакта, так и за пределами ее.

Например, для изотропного случая. Вначале решаем интегральное уравнение:

$$K_1 \iint_{\omega} \frac{P(x', y') dx' dy'}{\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}} = \delta - f(x, y).$$

В соответствии с решением Буссинеска нормальная деформация влиянием постоянного давления по элементарному прямоугольнику размерами  $2\Delta s$ ,  $2\Delta t$  и с координатами  $s, t$  определяет зависимость

$$v(x, y) = \frac{2}{\pi E'} \int_{|x-s|-\Delta s}^{|x-s|+\Delta s} \int_{|y-t|-\Delta t}^{|y-t|+\Delta t} \frac{p(s, t) ds dt}{\sqrt{(x-s)^2 + (y-t)^2}}.$$

Особый случай контактного взаимодействия – качение цилиндрических тел с учетом проскальзывания. Для построения алгоритма решения задачи, в случае контактирующих цилиндрических тел из композитов, необходимо иметь аналитические формулы, определяющие функцию Грина. Используя математический аппарат теории упругости функции комплексного переменного, нами построены такие функции для различных материалов, в том числе и для слоистых. Затем строится алгоритм расчета, используя вариационные энергетические принципы, например подход [2]. Суть задачи состоит в том, что получаем задачу минимизации энергетического функционала при некоторых ограничениях, накладываемых на области.

При численном подходе для решения поставленной задачи был использован метод конечных элементов (МКЭ). Разработан алгоритм и на его основе создана программа, реализующая определение напряжений и перемещений (рисунок 2).

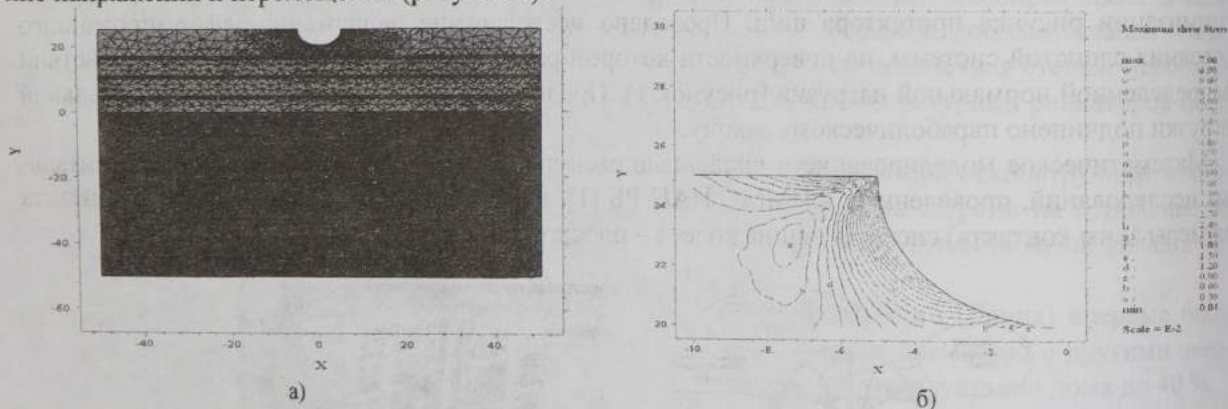


Рисунок 2 – Решение поставленной задачи методом конечных элементов:

а – дискретизация расчетной области, мм; б – распределение полей максимальных касательных напряжений  $\tau_{\max}/p$  (увеличенный фрагмент поверхность – лунка)

Проводимые исследования используются для моделирования и оптимизации рисунка протектора шин с учетом прилагаемых нагрузок. Пример расчета для модели шины колеса представлен на рисунке 3 с применением конечно-элементной аппроксимации прямоугольными элементами.

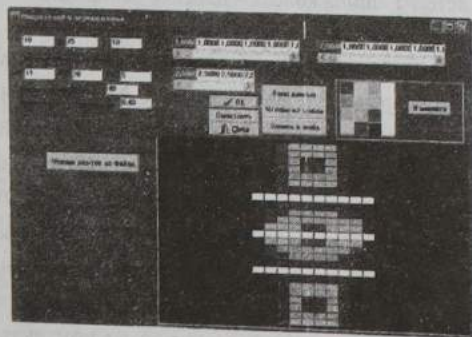


Рисунок 3 – Дискретная аппроксимация размера зоны контакта и действующего статического давления

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Шилько, С. В. Анализ контактного взаимодействия автомобильной шины с колесным диском и дорожным покрытием / С. В. Шилько, В. В. Можаровский // Доклады Белорусского конгресса по механике: сборник научных трудов. – Мн., 2007. – С. 135–142.

2 Можаровский, В. В. Создание математической модели учета влияния эксплуатационных параметров на работоспособность автомобильных шин / В. В. Можаровский // Известия ГГУ им. Ф.Скорины. – 2008. – № 5. – Ч.1. – С. 81–85.

УДК 621.313.1

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОЛЕСНЫХ ПАР ТЯГОВОГО СОСТАВА ПО ДАННЫМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

*И. В. НЕВЗОРОВ, В. И. БАРАНОВСКИЙ*

*Локомотивное депо Полоцк, Республика Беларусь*

Моральный и физический износ парка тягового состава требует существенных финансовых и трудовых ресурсов по поддержанию тепловозов в работоспособном состоянии путем проведения мероприятий по своевременному выявлению проблемных узлов и элементов и восстановлению их ресурса. В то же время нарушение работоспособности системы может произойти в любой момент времени. На расследование и выяснение причин отказа установлен нормативный период времени – не более трёх суток с момента его наступления.

Цель работы – систематизация информации случившихся отказов колесных пар тягового состава и оценка их работоспособности с использованием данных вибродиагностики.

В локомотивном депо Полоцк осуществляется ремонт тепловозов ЧМЭЗ. М62 2М62, 2ТЭ10М, дизель-поездов ДРБ в объеме ТО2, ТО3, ТР1, ТР2По указанию БЖД №06/494 от 24.12.2002 г. «Об использовании средств диагностики», необходимо диагностировать тепловозы всех серий перед каждым вторым ТО-3, перед каждым ТР-1,2, на каждом ТР-3, КР-1,2, т.е. не реже чем раз в месяц.

Частота нахождения образовавшихся дефектов в колесной паре тягового подвижного состава (ТПС) многофакторная величина и зависит в основном от режимов работы тепловоза; выработки подшипников и сепараторов колец; качества поступления масла; качества пути, по которым эксплуатируются тепловозы.

Перед формированием колесной пары системой проводится диагностика осей и колес на основе метода собственных частот. Эта система позволяет выявлять дефекты во всем объеме материала при минимальных затратах времени на контроль. Метод основан на анализе частотных спектров сигналов, получаемых при ударном воздействии на контролируемый объект.

После монтажа буксовых узлов качество сборки и смазки проверяется на стенде с использованием виброакустической системы, что позволяет выявить дефекты подшипников и недостатки монтажа, отсутствие или плохое качество смазки.

Вибродиагностика подшипников букс колесных пар позволяет уменьшить трудозатраты на обнаружение дефектов. Анализируя статистику выявленных по показаниям прибора «Вектор-2000» и подтвержденных фактически дефектов установлено, что наиболее уязвимым узлом являются подшипники, на внутреннем и внешнем кольцах которых образуются раковины. Своевременная диагностика позволяет передавать колесные пары тягового подвижного состава в ремонт с заведомо известными дефектами, что позволяет предотвратить поломки во время эксплуатации тепловозов.

Систематизация информации отказов позволила сгруппировать по типам выявляемые дефекты элементов колесных пар и усовершенствовать методологию их выявления. Это позволило на более высоком уровне реализовать: повышение достоверности и производительности неразрушающего контроля; уменьшить влияние на результаты НК человеческого фактора; увеличить межремонтный пробег и предложить методологию постепенного перехода от действующей планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта колесных пар тепловозов к системе ремонта по фактическому состоянию с целью сокращения отказов в эксплуатации, обеспечить высокий коэффициент эксплуатационной готовности, значительно повысить производительность труда.