

Описанные методики легли в основу компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния автомобильной шины. Конструкция ее включает один слой каркаса, изготовленного из текстильного корда, и два перекрестным образом расположенных слоя брекера из металлокорда.

Расчеты для случая нагружения эксплуатационным давлением $p = 0,2$ МПа показали, что поперечные касательные напряжения в шине носят существенно неравномерный характер. Максимум касательных напряжений смещен в сторону внутреннего слоя брекера. Этот результат совпадает с накопленными статистическими данными о разрушении шин.

Для определения деформированного состояния радиальной шины, нагруженной центробежной нагрузкой, в узлах расчетной сетки добавлялись инерционные силы, обусловленные вращением шины. Анализ изменения меридионального перемещения каркаса показал, что при возрастании скорости качения колеса выше 90 км/ч начинается резкое увеличение меридионального перемещения.

Установлено, что в радиальных шинах с металлокордным брекером в зоне окончания брекера и на боковине меридиональные перемещения отличаются друг от друга более чем в 2,5 раза. Закон распределения поперечных касательных напряжений существенно отличается от параболического, который постулируется в подавляющем большинстве уточненных теорий многослойных оболочек. Максимум напряжений смещен к внутренней поверхности и приходится на центр резиновой прослойки, что согласуется с накопленной в литературе статистикой о типовых разрушениях борта. Эффект неоднородности поперечных касательных напряжений должен приниматься во внимание при проектировании радиальных шин с металлокордным брекером. Распределение тангенциальных деформаций по толщине шины в зоне окончания брекера показывает, что гипотеза прямой линии для всего пакета в целом приводит к серьезным погрешностям при определении меридиональных деформаций в зоне окончания брекера и бортовой части металлокордной радиальной шины.

Также были выполнены расчеты различных параметров, характеризующих напряженно-деформированное состояние шин, с учетом их контактного взаимодействия с дорогой. Они показали, что изменения весьма незначительны по сравнению с результатами, полученными в случае работы шины под действием лишь центробежной нагрузки.

Анализ взаимодействия шины с дорогой при разных углах наклона нитей корда показал, что этот угол практически не влияет на характеристики шины.

Полученные результаты могут быть использованы при создании новых автомобильных шин.

УДК 629.463.32-192:532.559.8

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕГОРОДОК, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ ЖИДКОСТИ В РЕЗЕРВУАРАХ ЦИСТЕРН

А. О. ШИМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из способов улучшения динамических качеств цистерн является установка демпфирующих перегородок. Ранее сотрудниками университета Конкордия (Канада) исследовано влияние расположения сплошной поперечной перегородки на тормозной путь автомобиля. В диссертации А. В. Макеева выполнен анализ связанных колебаний подвижных перфорированных перегородок и жидкости внутри резервуара пожарной цистерны. Однако в названных работах отсутствуют методики, позволяющие осуществить комплексную оценку эффективности того или иного вида перегородок, а также оптимизировать их конструкцию.

В представленной работе предлагается метод, позволяющий оценить эффективность демпфирования колебаний жидкости в резервуаре цистерн, основанный на энергетическом подходе.

Реализация стандартной $k-\varepsilon$ -модели турбулентности предполагает вычисление кинетической энергии каждого конечного элемента жидкости на каждом шаге по времени. Суммированием этих энергий можно получить кинетическую энергию системы в целом. Наличие диссипации приводит к уменьшению кинетической энергии. Для режимов движения цистерн, при которых влияние жидко-

сти на движение цистерны максимально, наиболее существенным показателем, характеризующим демпфирование колебаний жидкости, является уменьшение суммарной кинетической энергии жидкости (диссипация энергии) за время одного колебания. Именно в этот период развиваются явления, которые могут стать причиной больших динамических нагрузок на элементы конструкции либо опрокидывания цистерны. Подробный анализ кривых диссипации дает возможность оптимизации конструкции демпфирующих устройств.

Проведенный анализ показал, что в качестве критерия эффективности демпфирования колебаний жидкости в резервуарах цистерн должна использоваться диссипация энергии за один цикл колебаний. Чем больше абсолютная величина этой энергии, тем эффективнее работают демпфирующие устройства и, соответственно, тем лучше динамические качества цистерны.

Выполнено компьютерное моделирование перетекания жидкости в цистерне при ее торможении с учетом установки поперечной перфорированной перегородки. Проведены расчеты зависимости диссипации энергии в функции от размера отверстий перфорации перегородок. Их результаты показали, что существует некоторое значение диаметра отверстия, при котором диссипация энергии за первый цикл колебаний жидкости в резервуаре максимальна. Например, для емкости, имеющей размеры 2×5 м, максимальное демпфирование колебаний жидкости имеет место в случае, если отверстия перфорации имеют диаметр 11 см, и в общей сложности диаметр отверстий составляет 60% от площади перегородки. В этом случае влияние жидкости на динамику цистерны будет наименее существенным по сравнению с иными вариантами перегородок.

Подобный анализ может быть выполнен для резервуаров различной формы при различных схемах установки перегородок и с учетом различных вариантов перфорирования. Кроме того, могут рассматриваться различные схемы движения резервуаров, соответствующие особенностям эксплуатации железнодорожных и автомобильных цистерн.

Таким образом, в результате исследований установлено, что основным критерием эффективности гашения колебаний жидкости должна быть потеря кинетической энергии на диссипацию. С использованием этого критерия может быть выполнена оптимизация установки перегородок в резервуарах цистерн.

УДК 621.983.5:539.388.24

РАСЧЕТ СИЛ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГОФРИРОВАННЫХ ЛИСТОВ КРЫШЕК ЛЮКОВ ПОЛУВАГОНОВ

О. И. ЯКУБОВИЧ, А. О. ШИМАНОВСКИЙ, А. В. ПУТЯТО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. И. КЕБИКОВ
ОАО «САТУРН-1», г. Житковичи

Особенностью холодной штамповки выдавливанием является необходимость создания для деформирования заготовки высоких давлений, превышающих в некоторых случаях в четыре раза напряжения текучести обрабатываемого материала. В связи с этим актуальной является задача по нахождению минимальных значений сил, необходимых для обеспечения процесса штамповки. На предприятиях до настоящего времени используются приближенные аналитические методы решения названной задачи, которые не всегда позволяют выполнить расчет с достаточной для производства степенью точности. Это, в свою очередь, может приводить к необоснованным затратам на приобретение дорогостоящего технологического оборудования повышенной мощности. В представленной работе поставлена задача по уточненному определению сил, необходимых для выдавливания крышек люка полувагона. Решение выполнено на основе применения конечноэлементного подхода с использованием программного комплекса LS-DYNA.

Форма геометрической модели в данной задаче определяется срединными поверхностями оболочек, моделирующих инструмент и заготовку. Оболочки, моделирующие пуансон и прижим, приняты абсолютно твердыми. Исходная заготовка представляет собой горячекатаный лист толщиной