

ципиальная схема, отражающая этапы и объекты управления качеством АСДМ. При освоении нового вида продукции наиболее важным является этап подготовки производства (формирование качества). Объектами управления качеством здесь являются следующие стадии жизненного цикла ПСС: разработка технологии, выбор стандартного и конструирование специального оборудования и инструментов, выбор сырья и материалов, конструирование узла трения с применением ПСС.

Для изготовления ПСС необходимы следующие основные материалы и комплектующие: древесина березы, контртело (внутреннее кольцо, вал, ось), наружное кольцо или корпус, смазочный материал (СМ). Древесина березы должна удовлетворять показателям качества по следующим параметрам: геометрические параметры (допуск); плотность; твердость; предел сжатия вдоль волокон; влажность; допустимость пороков и величина их присутствия в заготовке; проницаемость для смазочного материала; деформативность или усилие деформации при сохранении целостности; пористость; объем свободных полостей капиллярно-пористой системы древесины для заполнения их СМ. Параметры качества для контртела: геометрия (форма, допуски); микрогеометрия (шероховатость); природа материала; твердость; глубина приповерхностного слоя с обозначенной твердостью; трибологическая совместимость. Наружное кольцо ПСС или корпус узла трения является формообразующим для древесного вкладыша ПСС, который запрессовывается в них с расчетным натягом в процессе изготовления. Для рассматриваемых элементов формирование качества подшипника реализуется в соответствии со следующими параметрами: геометрия (форма, допуски); микрогеометрия (шероховатость); природа материала. Смазочный материал аккумулируется в капиллярно-пористой системе древесины во время проведения операции пропитки. Его основные параметры качества: химический состав, вязкость, содержание присадки (% масс), температура застывания, температура вспышки, испаряемость, трибологические свойства.

**Технология.** Решающее значение здесь играют следующие показатели: усилие деформирования, количество операций деформирования для изготовления одного древесного вкладыша, способ пропитки, время на реализацию операции пропитки, степень пожароопасности, количество и концентрация вредных выбросов, степень участия ручного труда, возможность появления брака.

Важнейшие показатели качества оборудования для изготовления ПСС: производительность, энергоемкость, степень автоматизации, безопасность в эксплуатации, ресурс.

Показатели качества для инструмента, применяемого при производстве ПСС: конструкция фрезы (угол резания, число зубьев, оформление задней поверхности зуба и др.), ГДС, перепрессовочных конусов, технологических обойм; прочность, ресурс, степень унификации (т. е. один инструмент может выполнять сразу несколько функций).

**Выводы.** Разработанная в результате выполнения настоящей работы модель управления качеством позволяет определить наиболее актуальные вопросы в направлении непрерывного повышения качества ПСС и является основой для создания всей необходимой нормативной базы для производства, эксплуатации и утилизации подшипников (ТУ, ГОСТ и др.).

УДК 539.3 : 629.4

## СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ КОНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ТИПА «ГОФР» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБШИВКИ КУЗОВОВ ВАГОНОВ

А. А. ОЛЬШЕВСКИЙ, М. А. ОЛЬШЕВСКАЯ

Брянский государственный технический университет

В кузовах современных пассажирских вагонов обшивка зачастую изготавливается из гофрированных стальных листов, подкрепленных с внутренней стороны элементами каркаса — стойками и дугами. Из многочисленных экспериментов известно, что напряженное состояние такой обшивки имеет особенности. Значения напряжений в вершинах гофров значительно отличаются от значений напряжений в плоских участках, а во многих случаях даже имеют другой знак. Это влияет и на прочность, и на устойчивость обшивки.

Конечно-элементная модель кузова обычно включает пластины (обшивка) и стержни (каркас). Размеры конечных элементов редко бывают менее 50 мм, поэтому сохранить истинную геометрию гофров не удастся. Анизотропию жесткостных свойств обшивки при таком подходе можно учесть только, задавая приведенные упругие характеристики для обшивки (низкий модуль упругости в поперечном направлении), а гофры рассматривать как эксцентрично расположенные стержни. При определенном выборе параметров удастся получить характерные пики на гофрах, но критические напряжения в обшивке оказываются существенно меньше истинных. Это обусловлено низким модулем упругости в поперечном направлении и увеличенной шириной плоского участка панели за счет присоединения ширины гофра.

Нами предлагается специализированный конечный элемент типа «гофр», который позволяет моделировать гофрированную обшивку как в задачах статики, так и в задачах устойчивости и при этом не увеличивает трудоемкость расчетов. Предлагаемый элемент по своему использованию в модели кузова эквивалентен плоскому конечному элементу с 4, 6 или 8 узлами, а по сути, представляет собой суперэлемент с редуцированной границей. Для его формирования строится подробная конечно-элементная модель небольшого участка гофра длиной от 10 до 150 мм (можно и больше). При этом число узлов в такой модели может быть довольно большим, что позволяет с высокой точностью воспроизвести форму гофра и его жесткостные свойства (рисунок 1). Из этой модели путем конденсации (удаляются все внутренние узлы) строится суперэлемент, в котором сохранены все узлы на внешнем контуре модели. Поскольку предполагается, что этот элемент гофра будет использован в модели кузова в сочетании с «плоскими оболочками», размер которых равен длине участка гофра, то узлы на границе удаляются путем редуцирования. Для четырехузлового элемента при редуцировании для степеней свободы, соответствующих деформациям в плоскости обшивки, принимается линейный закон перемещений, для изгибных – кубичный, что позволяет сохранить совместность перемещений элемента типа «гофр» и конечных элементов обшивки. Возможно использование и иных законов перемещений вдоль границы суперэлемента при редуцировании.

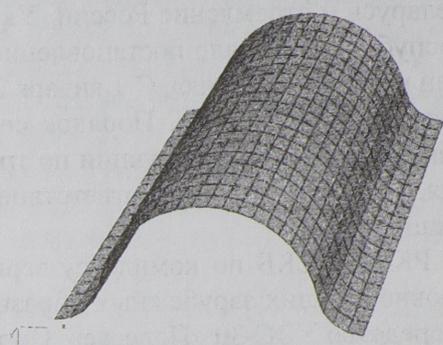


Рисунок 1 – Конечно-элементная сетка суперэлемента

Для каждого профиля гофра строится набор суперэлементов разной длины, что позволяет получить необходимые матрицы для элемента произвольной длины путем интерполяции. Как показали исследования, свойства матрицы при этом практически не нарушаются, а при необходимости могут дополнительно корректироваться.

Расчеты гофрированной модели показали, что разработанный для гофра специализированный элемент обеспечивает неплохие результаты. При изгибе он обладает несколько завышенной жесткостью. По сравнению с моделями пластин с очень мелкой сеткой конечных элементов, погрешность в определении напряжений может достигать 20%. Однако получаемые результаты более точны, по сравнению с расчетами на основе сеток конечных элементов, обычно используемых в модели кузова (эпюры распределения напряжений при изгибе показаны на рисунке 2).

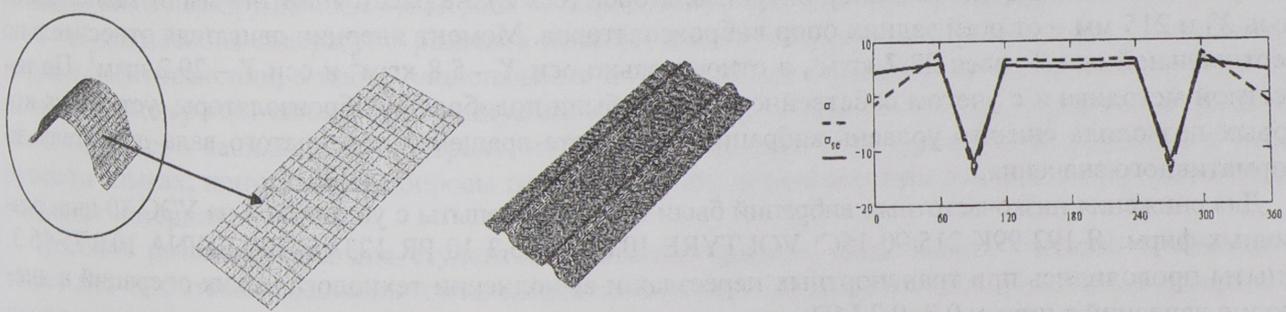


Рисунок 2 – Конечно-элементные модели панели обшивки и эпюры напряжений при изгибе

Сплошная линия – модель с мелкой сеткой, штриховая – специализированный элемент). Свойства специализированного элемента можно существенно улучшить при переходе к 8- или 6-узловому элементу или отказавшись от строгой совместности перемещений.