

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОГЛОЩАЮЩЕГО АППАРАТА ПМКП-110

А. А. ОЛЬШЕВСКИЙ, М. А. ОЛЬШЕВСКАЯ, Е. С. ЛАХМОТКИНА

Брянский государственный технический университет, Российская Федерация

Повышение надежности подвижного состава железных дорог относится к тем задачам, решать которые необходимо на всех этапах жизненного цикла изделия, начиная с его проектирования. При этом все чаще приходится решать задачи, находящиеся на стыке дисциплин. Примером подобной задачи является задача определения напряженно-деформированного состояния (НДС) поглощающего аппарата ПМКП-110 на различных этапах его эксплуатации. Конструкция аппарата (рисунок 1) предполагает возникновение контакта на нескольких поверхностях деталей, а ввиду наличия больших предельных нагрузок корпус аппарата работает не только в упругой области деформирования материала, но и в пластической.

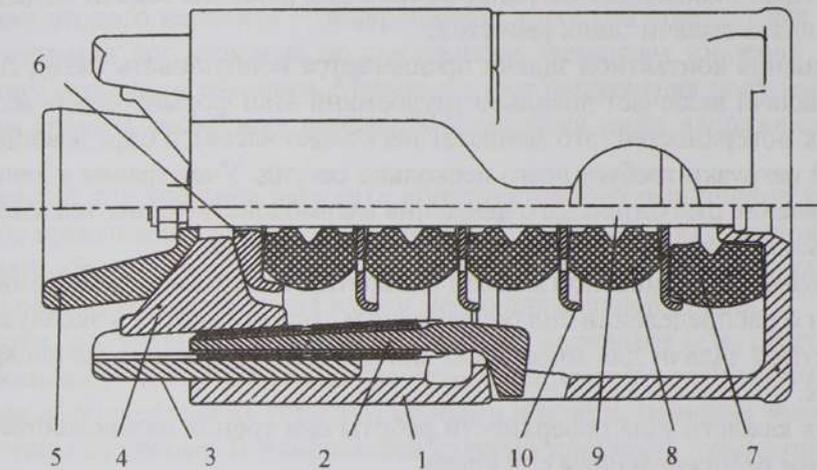


Рисунок 1 – Поглощающий аппарат ПМКП-110

Силы трения на поверхностях контакта играют большую роль, поскольку вносят значительный вклад в усилия взаимодействия деталей и обеспечивают разную силовую характеристику на прямом и обратном ходах. Износ поверхностей трения приводит к изменению коэффициентов трения, перераспределению контактных давлений на рабочих поверхностях, изменению начальной затяжки и, как следствие, силовой характеристики и НДС.

Аппарат содержит корпус 1, в котором расположен нажимной клин 5, фрикционные клинья 4, контактирующие с опорной плитой 6, подвижные 3 и неподвижные 2 фрикционные пластины с износостойкими металлокерамическими элементами. Плита опирается на комплект из пяти упругих полимерных блоков 7, 8, разделенных центрирующими пластинами 10. Аппарат удерживается в сборе стяжным болтом с гайкой 9 и имеет конструктивный ход 110 мм.

Основной задачей исследования является моделирование работы аппарата в течение срока службы с учетом износа на контактных поверхностях. Необходимо установить закономерности изменения формы при работе и их влияние на характеристики аппарата. Для этого был использован программный комплекс DSMFem, позволяющий решать большой круг задач с помощью метода конечных элементов (МКЭ), в том числе и контактные задачи. Дополнительным доводом в пользу выбора данного пакета явилась возможность создания расчетных схем с высокой степенью параметризации. Это объясняется применением проблемно-ориентированного языка, позволяющего использовать условия, циклы и функции пользователя. Кроме того, учет износа возможен только при открытом доступе ко всем данным модели при расчете и возможности их программной модификации.

Программный комплекс позволяет решать задачи с многослойным контактом на основе метода перемещений. При этом используется релаксационная схема, позволяющая решать как линейные, так и нелинейные системы уравнений. Нелинейный компонент обусловлен нелинейностью слоя

контактных элементов. Для решения используется логический контактный элемент с возможностью задания силовой характеристики контактного слоя.

Для расчета была построена параметризованная конечно-элементная модель (в расчет введена  $\frac{1}{4}$  его часть аппарата). При задании конкретного значения хода программы ввода комплекса строят конечно-элементную модель всех деталей клиновой системы и корпуса аппарата при строгом согласовании положения деталей и сеток конечных элементов на поверхностях контакта. Модель содержит более 40000 конечных элементов и более 30000 узлов, в модели реализовано 5 поверхностей контакта.

Анализ результатов показал, что для неприработанного аппарата контакт между корпусом и подвижной пластиной происходит практически по линии. Это приводит к очень высоким расчетным значениям контактных давлений, в эксплуатации по мере приработки они станут меньше, однако при этом форма пластин из металлокерамики существенно меняется и снижает начальную загрузку. Уровень напряжений в корпусе достаточно велик, особенно при большом ходе аппарата и в отдельных зонах превышает предел текучести. Время решения позволяет выполнить анализ НДС для нескольких расчетных положений, но неприемлемо для решения задачи моделирования износа где необходимо выполнять тысячи таких расчетов.

Для ускорения решения контактной задачи предлагается использовать метод сил. В этом случае решение контактной задачи включает довольно трудоемкий этап формирования матриц влияния для всех узлов контактных поверхностей (это занимает несколько часов), а определение контактных давлений для конкретной нагрузки требует всего несколько секунд. Учет трения в данной задаче возможен, поскольку направление относительного движения взаимодействующих тел известно.

Общий алгоритм моделирования износа в этом случае включает:

- 1 Формирование конечно-элементной модели аппарата с исходными размерами и формой.
- 2 Сбор статистики о распределении сил соударения и хода аппаратов в эксплуатации.
- 3 Решение контактной задачи для множества значений действующих на аппарат сил, при прямом и обратном ходах.
- 4 Определение для каждого узла поверхности работы сил трения на множестве соударений с заданным статистическим распределением сил удара.
- 5 Изменение формы поверхностей трения за счет удаления изношенного материала. Принято предположение о пропорциональности износа работе сил трения.

6 Если расчетный период моделирования истек – закончить, иначе – повтор с шага 3.

Для реализации такого алгоритма необходимо решить ряд частных задач, в том числе и по установлению реальных параметров металлокерамики фрикционных пластин и зависимостей износа для них при различных режимах трения.

Решение такой задачи позволит предсказать изменение характеристик аппарата в процессе эксплуатации и подобрать рациональную форму фрикционных элементов, обеспечивающих минимальное изменение рабочих характеристик в течение срока службы.

УДК 629.46.65

## **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ТОРЦЕВОЙ СТЕНЫ ПОЛУВАГОНА НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КУЗОВА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УДАРНЫХ НАГРУЗОК**

*В. В. ПИГУНОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В работе рассматривались различные варианты конструктивного исполнения торцевой стены полувагона и исследовалось их влияние на напряженное состояние кузова. Напряженное состояние оценивалось при расчете на ударное воздействие. Расчетные схемы кузова полувагона принимались комбинированными пространственными для  $\frac{1}{2}$  части.

Расчет кузова выполнялся по I режиму нагружения на вертикальную статическую и продольную силы, а также на усилие распора сыпучего груза. Вертикальная статическая сила принима-