

Рисунок 1 – Изменение деформаций вдоль радиуса пластины

Радиальные деформации на контуре достигают максимума по модулю, тангенциальные – максимума при $r=0$ и равны нулю при $r=1$; для сдвиговых деформаций обратная зависимость, где максимум по модулю достигнут при $r=1$. Отметим, что с ростом температуры значения деформаций по модулю растут во всех случаях. При нагреве на 50 К радиальные и тангенциальные деформации увеличиваются на 3,7 %; при нагреве на 100 К – 7,3 %. В сдвиговых деформациях при нагреве на 50 К увеличиваются на 4,6 %; при нагреве на 100 К – 8,7 %.

Выводы. Предложенная модель позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние упругих трехслойных пластин при осесимметричном деформировании в своей плоскости.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского Республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Т19РМ-089).

УДК 625.1.001.891.573

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ПЕТЛИ ДЛЯ РАЗВОРОТА ВАГОНОВ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ЦЕНТРА ОКРУЖНОСТИ

С. П. НОВИКОВ, М. А. РУДЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При обслуживании вагонов рабочего парка и использовании новых вагонов часто требуется произвести разворот подвижного состава. Одним из основных устройств для выполнения данной технологической операции является петлевой разворот. Методика расчета длины петли приведена в [1]. В [2] рассмотрен способ оптимизации длины подобных устройств. При традиционном подходе к сокращению длины петлевого разворота центр большой окружности петли обычно располагается

на продолжении линии пути. Представляет интерес нахождение более оптимальных форм таких устройств. Один из примеров приведен в [3], где рассмотрен случай расположения центра окружности на биссектрисе угла стрелочного перевода. В данной работе предлагается методика расчета и оптимизации длины петлевого разворота при произвольном расположении центра большой окружности. Схема устройства для разворота представлена на рисунке 1.

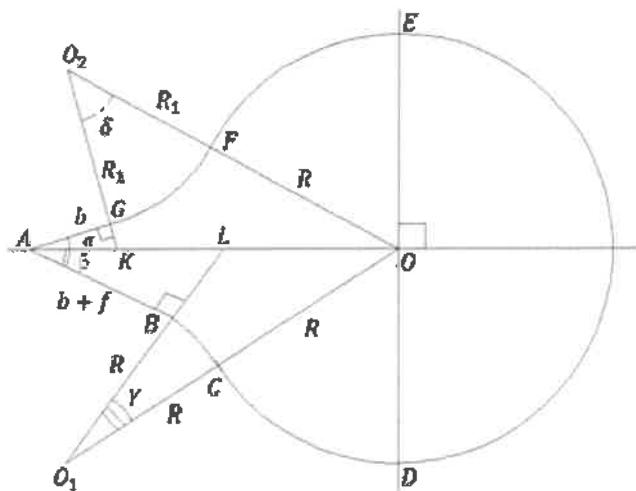


Рисунок 1 – Схема петлевого разворота вагонов

Длина маршрута перемещения вагона с локомотивом по петлевому ходу определяется от точки G (начала кривой при движении по прямому пути за стрелку), по круговой кривой через точки E и D , до точки B (заднего стыка крестовины стрелочного перевода). Обозначим $\angle GAK = \beta$. Тогда из ΔABL выражим

$$AL = \frac{b + f}{\cos(\alpha - \beta)}; BL = (b + f) \operatorname{tg}(\alpha - \beta).$$

Из ΔO_1LO по теореме синусов

$$\frac{LO}{\sin \gamma} = \frac{O_1O}{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \alpha - \beta\right)} = \frac{LO_1}{\sin\left(\pi - \gamma - \left(\frac{\pi}{2} + \alpha - \beta\right)\right)};$$

$$\frac{LO}{\sin \gamma} = \frac{2R}{\cos(\alpha - \beta)} = \frac{R + (b + f) \operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{\cos(\gamma + \alpha - \beta)}.$$

Из последней части равенств после несложных преобразований можно выразить

$$\gamma = \beta - \alpha + \arccos \frac{R \cos(\alpha - \beta) + (b + f) \sin(\alpha - \beta)}{2R}.$$

Сторону KO треугольника KO_1O можно выразить как разность

$$KO = AO - AK = (AL + LO) - AK = \frac{b + f}{\cos(\alpha - \beta)} + \frac{2R \sin \gamma}{\cos(\alpha - \beta)} - \frac{b}{\cos \beta}.$$

Из ΔKOO_2 по теореме косинусов получим

$$(R + R_1)^2 = (R_1 + b \operatorname{tg} \beta)^2 + KO^2 - 2(R_1 + b \operatorname{tg} \beta)KO \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right).$$

Из последнего равенства можно выразить

$$R_1 = \frac{b^2 \operatorname{tg}^2 \beta + KO^2 - R^2 - 2bKO \operatorname{tg} \beta \sin \beta}{2R - 2b \operatorname{tg} \beta - 2KO \sin \beta}.$$

Угол δ можно найти из ΔKOO_2 по теореме синусов:

$$\sin \delta = \frac{KO \sin\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}{R + R_1}, \delta = \arcsin \frac{KO \cos \beta}{R + R_1}.$$

Таким образом, общая длина петлевого разворота составит

$$l = R \left[\gamma + \left(\frac{\pi}{2} - (\pi - \gamma - \frac{\pi}{2} - \alpha + \beta) \right) + \pi + \left(\frac{\pi}{2} - (\pi - \delta - \beta - \frac{\pi}{2}) \right) \right] + R_1 \delta.$$

После упрощения окончательно получаем

$$l = R(\pi + 2\gamma + \alpha + \delta) + R_1 \delta.$$

Полученное значение длины петлевого разворота зависит от длины прямой вставки f и угла β , т.е. является функцией двух переменных. Такую функцию несложно исследовать с помощью пакета прикладных программ. При конкретных допустимых значениях R и R_1 можно вычислить такие β и f , при которых общая длина петлевого разворота будет минимальной.

Список литературы

- 1 Головнич, А. К. Расчет основных параметров устройств на станции : учеб.-метод. пособие / А. К. Головнич, С. П. Новиков. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 70 с.
- 2 Новиков, С. П. Оптимизация формы петли для разворота вагонов / С. П. Новиков, А. К. Головнич, П. И. Капитанов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч. конф., посвящ. году науки. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 204–205.
- 3 Капитанов, П. И. Пример расчета длины петли для разворота вагонов / П. И. Капитанов // Сб. студенческих науч. работ. Вып. 23 / под ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 19–22.

УДК 539.319

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛ, СОЗДАННЫХ МЕТОДАМИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

A. A. ОРЕХОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Одной из важнейших проблем, связанных с исследованием напряженно-деформированного состояния тел, созданных методами аддитивных технологий, является многомасштабность разрабатываемых моделей (макро-, мезо- и микромодели). Численная реализация таких моделей связана с необходимостью решения задач больших размерностей. Для решения этой проблемы предлагается методика замены процесса численного моделирования нанесения слоя аналитическим решением в виде функции влияния и использования эйлерова формализма для моделирования роста тела. Такой подход позволяет для конечно-элементного моделирования избежать сильного измельчения сеток в зоне роста, а использование эйлеровых сеток – снизить рост размерности задачи с течением времени. Данный подход сравнивался с полным процессом моделирования роста тел и показал хорошую сходимость.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-31-90142.

УДК 621.45.018

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕР-КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ КАМЕРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

B. A. ПОГОДИН, Л. Н. РАБИНСКИЙ, С. А. СИТНИКОВ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В рамках экспериментальной работы по изучению возможности использования композиционного материала системы кремнийорганический эластомер – керамика проведены испытания ГРК ламельной и наполненной конструкций [1]. Ламельные конструкции ГРК являются наиболее близким аналогом уже существующих керамических ГРК, в которых кремнийорганические соединения выступают не только в качестве клеевой композиции, соединяющей керамические ламели, обеспечивая, таким образом, геометрию конструкции, но и в роли слоя – демпфера температурных и механических (возникающих при вибрации) напряжений одновременно

В одном из наиболее перспективных ЭРД – высокочастотном ионном двигателе (ВЧИД) образование плазмы рабочего газа происходит под воздействием высокочастотного электромагнитного поля внутри тонкостенной чаши керамической газоразрядной камеры (ГРК). Увеличение мощности и КПД ВЧИД приводит к увеличению диаметра ГРК до значения 500 мм, при сохранении толщины стенки 4–5 мм. Увеличение диаметра ГРК ВЧИД и высокие требования к диэлектрическим свойствам материалов для изготовления приводят к непреодолимым технологическим сложностям при производстве. Экспериментальные образцы ГРК из алюмооксидной керамики и композита на основе нитрида кремния для ВЧИД с диаметром камеры порядка 160 мм [2] обладают оптимальными эксплуатационными свойствами: высокой проницаемостью к электромагнитному полю в мегагерцовом диапазоне частот, удовлетворительной механической прочностью к вибрации и высокой эрозионной стойкостью к ионно-плазменному воздействию низкотемпературной плазмы разряда. Увеличение диаметра ГРК выше