

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОДНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ КОЛЕСО – РЕЛЬС

С. С. ЩЕРБАКОВ

Белорусский государственный университет

Обеспечение безопасности железнодорожных перевозок неразрывно связано с надежностью и долговечностью эксплуатируемых силовых систем, среди которых система колесо – рельс является одной из наиболее важных. Применительно к этой системе требуется комплексный анализ как поверхностного деформирования и повреждения в локальной области контакта колеса и рельса, так и объемного деформирования и повреждения от действующей изгибной внеконтактной нагрузки. Анализ взаимодействия элементов данной силовой системы в общем случае основывается на статистической модели деформируемого твердого тела с опасным объемом, в которой содержатся критерии для ограничения опасного объема и общая процедура их расчета.

В докладе рассмотрена система колесо – рельс, предназначенная для комплексных износоусталостных испытаний на машинах серии СИ. В данной модели ролик имитирует колесо, а кольцо – рельс. Ниже эту модель будем называть системой ролик – кольцо.

При исследовании напряженного состояния необходимо учесть комплексную природу силы взаимодействия в системе ролик – кольцо. Изучение взаимодействия тел в зоне контакта представляется недостаточным, поскольку контактные напряжения становятся пренебрежимо малыми в областях, достаточно удаленных от зоны контакта. Однако напряжения в этих областях заведомо ненулевые, поскольку в них формируется поле напряжений, описываемое теорией плоского изгиба балок. Кроме того, эти изгибные напряжения присутствуют и в области контакта.

При изучении данной модели будем учитывать следующие основные предположения: 1) приложенная к ролику сила в зоне контакта разделяет образец на две составляющие: контактную и изгибающую; 2) отношение между контактной и изгибной составляющими определяется геометрическими характеристиками образца; 3) в силу особенностей геометрии взаимодействующих тел (образца и контробразца) область контакта – площадка конечных размеров (эллипс); 4) усилия на контактной площадке распределены по эллиптическому закону; 5) изгибные напряжения в рельсе рассчитываются в соответствии с теорией изгиба плоского кривого бруса.

С учетом приведенных предположений при заданных геометрии ролика и кольца и приложенной нагрузке рассчитаем параметры площадки контакта: величины полуосей эллипса и наибольшего давления в центре площадки контакта.

Для расчета напряженного состояния, вызванного действием распределенной по площадке контакта нормальной контактной нагрузки, воспользуемся решением задачи Буссинеска о действии единичной силы на полупространство, проинтегрировав выражения для компонент тензора напряжений по эллиптической области приложения нагрузки. Для интегрирования применим следующую процедуру: при вычислении каждого из данных интегралов сначала по формуле Симпсона вычислим интеграл по x при фиксированных y , взятых из области интегрирования с определенным шагом. По полученному набору точек построим сплайн, интегрирование которого дает второй интеграл по y . Для расчета напряженного состояния, вызванного действием силы трения, применим аналогичную процедуру, воспользовавшись решением о действии единичной касательной силы на полупространство.

Изгибные напряжения в кольце определим по формулам для кривого бруса, в которых значения изгибающего момента и продольного усилия рассчитаем с помощью метода сил.

Найдем полные поля напряжений в ролике и кольце. Если напряженное состояние ролика описывается как чисто контактное, то напряженное состояние кольца описывается как промежуточное между контактным и изгибным. Таким образом, объединенное напряженное состояние для ролика получим как суперпозицию напряжений, вызванных действием контактных нормальной и касательной распределенных нагрузок, а для кольца – как суперпозицию этих же напряжений и напряжений, обусловленных изгибом кольца.

На основе полученных объединенных напряжений найдем компоненты главных напряжений и определим динамические опасные объемы как области тела при движении ролика по кольцу, в которых возникают напряжения, превышающие предел выносливости при контактной усталости.

Из первоначальных результатов расчета видно, что а) уровень напряжений в контактной области в целом ниже, чем в условиях чистого контакта, б) в силу изгиба кольца картина распределения напряжений в ролике и кольце существенно различна.