

## ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕДУЩИХ МОСТОВ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ МАЗ

А.Р.Гороновский, к.т.н., доц.; С.П.Мохов, к.т.н., доц.;  
С.А. Голякевич, аспирант, С.Н. Пищов, к.т.н.

*Белорусский государственный технологический университет*

*Работа посвящена исследованию напряженно-деформирования состояния и усталостной долговечности деталей порталного моста. Разработаны конечно элементные модели деталей порталного моста и их сопряжений. На основе конечно элементных моделей выполнена оценка напряженно-деформированного состояния узлов моста и оценка их усталостной долговечности. Даны рекомендации по рациональным путям снижения нагруженности деталей моста изменению конструкторской документации.*

Экспериментальные исследования прочности и долговечности порталного мостов выявили детали и элементы сопряжений с низким ресурсом: опорные балки, верхние болты соединения опорных балок моста с картером бортового редуктора, болты соединения цапф с бортовым редуктором. С целью установления причин низкой долговечности указанных элементов и разработки рекомендаций по корректировке конструкторской документации было проведено математическое компьютерное конечно-элементное моделирование работы мест сопряжений цапф и балок с бортовым редуктором порталного моста.

При конечно-элементном моделировании [1] взаимодействия опорных балок с бортовым редуктором, учитывалось предварительное натяжение крепежных болтов (рисунок 1 позиции С и D) и трение на сопрягаемых поверхностях (постоянный коэффициент трения 0,3). Величина прикладываемого к балке усилия (схема приложения – рисунок 1 поверхность А) составляла  $2F_{ст}=53,6$  кН.

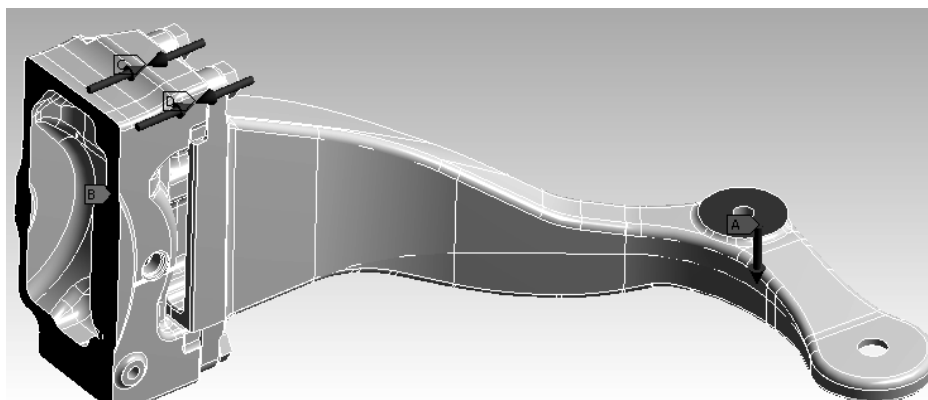


Рис. 1. Схема нагружения сопряжения опорной балки с бортовым редуктором порталного моста

При расчетах усталостной долговечности нагрузка изменялась с амплитудой  $\pm F_{ст}$  и частотой 3 Гц относительно  $F_{ст}$ . С целью увеличения точности получаемых результатов при расчетах применялась тетрайдальная конечно-элементная сетка с размерами ребер конечного элемента 5мм. В областях концентрации напряжений величина ребер элементов уменьшалась до 5 раз.

Для сокращения времени расчета в состав модели включена лишь сопрягаемая часть бортового редуктора, которая «жестко» фиксировалась в пространстве по 6 степеням свободы (рисунок 2 – плоскость В).

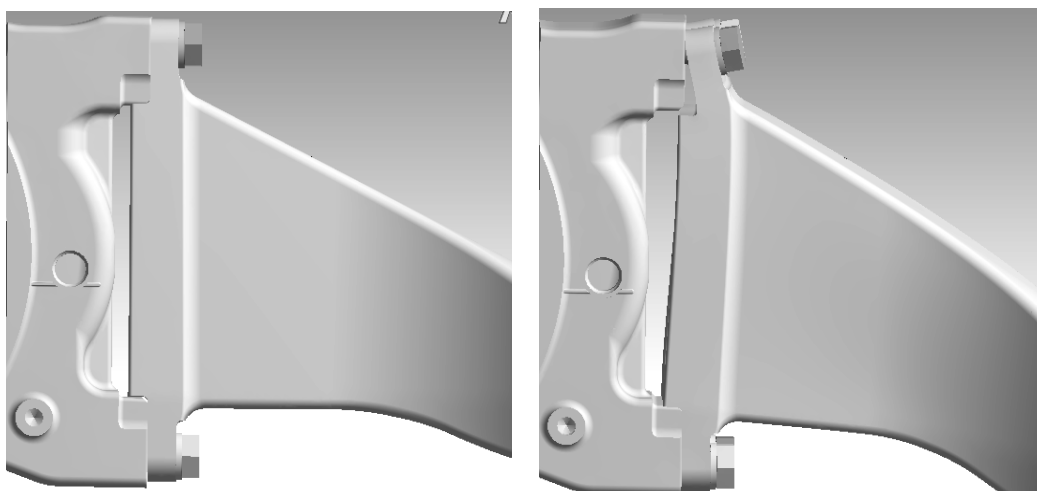


Рис. 2. Начальное и деформированное состояния опорной балки (абсолютные перемещения граней увеличены в 60 раз)

При исследовании усталостной долговечности конструкции сопряжения опорной балки с порталным редуктором полагалось, что детали сопряжений выполнены при строгом соблюдении конструкторской документации, обладают равномерной по объему структурой металла имеющего следующие физико-механические[3] (таблица 1).

Таблица 1. Физико-механические свойства материала деталей моста

Опорная балка		
Материал		Сталь 40Л
Термообработка		Закалка+отпуск
$\sigma_{0,2}$	МПа	343
$\sigma_{п}$	МПа	540
$\sigma_{-1}$	МПа	-
Болт крепления		
Материал		Сталь 40Х
Покрытие		Ц6...9 хр. ГОСТ 9.301-86
$\sigma_{0,2}$	МПа	490
$\sigma_{п}$	МПа	655
$\sigma_{-1}$	МПа	380

Работа элементов сопряжений и общий вид деформированного состояния опорной балки приведен на рисунках 2 и 3. Из рисунков видно, что наи-

большие деформации испытывают верхняя проушина балки и болты ее крепления

Анализ разработанной модели показал, что опорные балки испытывают значительные эквивалентные напряжения в местах указанных на рисунке 3. Величина эквивалентных напряжений на гранях верхней проушины достигает 490 МПа, что превышает предел пропорциональности материала на 147 МПа. Работа детали при таких нагрузках ведет к накоплению в них усталостных напряжений и снижению ресурса.

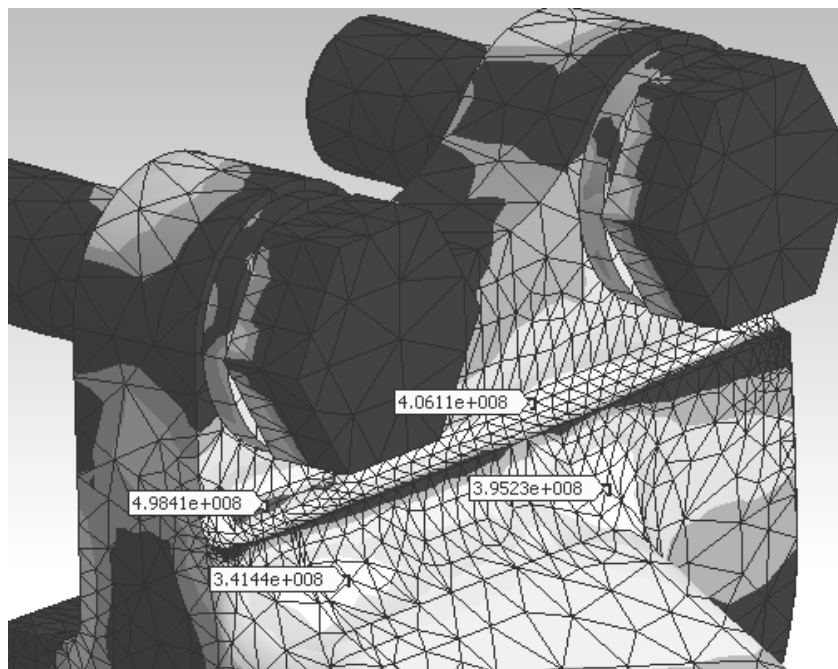


Рис. 3. Эквивалентные напряжения в опорной балке portalного моста

Высокие напряжения, возникающие в детали, являются следствием недостаточных геометрических параметров рассматриваемых сечений и наличия концентраторов, которые образуются в процессе фрезерования контактных поверхностей.

Причиной усталостного разрушения болтов следует считать воздействующие на них растягивающие и изгибающие нагрузки. Обусловленные ими нормальные напряжения в сечении болтов сконцентрированы большей частью по нижней поверхности их ножек.

Расчетные исследования показали, что наименее долговечными деталями сопряжения являются верхние болты крепления и проушина опорной балки. Установлено, что потеря работоспособности соединения наступит через 112620 циклов нагружения переменной нагрузкой, вследствие разрушения верхних болтов крепления и через 474200 циклов нагружения, вследствие разрушения верхней проушины опорной балки. При этом оба отказа являются независимыми, а начальным местом разрушения опорной балки следует считать область концентратора на крайнем, ближнем к точке приложения нагрузки ребре проушины.

Проведенные исследования позволили выработать ряд направлений повышения прочности исходной конструкции балок: использование дополни-

тельного ребра жесткости, увеличение толщины проушины за счет фрезерования лишь посадочных отверстий под болты ее крепления, увеличение толщины за счет наращивания задней стенки проушины, уменьшение уровня положения болтов.

Использование дополнительного ребра жесткости (рисунок 4) в конструкции верхней проушины позволяет перераспределить напряжения и уменьшить их величину в местах концентрации на 180 МПа.

В верхней части ребра жесткости при этом образуется концентратор с величиной эквивалентного напряжения достигающей 429 МПа. При увеличении радиуса скругления места стыка ребра жесткости с проушиной до 15 мм напряжения в месте образования концентратора уменьшаются до 267 МПа, что является допустимой величиной.

Такое изменение конструкции уменьшает величину эквивалентных напряжений возникающих в ножках верхних болтов крепления до 488 МПа, что значительно увеличивает их ресурс.

Теоретические исследования показали, что при наличии ребра жесткости в конструкции верхней проушины безотказная работа сопряжения будет обеспечена в течении  $10^6$  циклов нагружения, за исключением болтов крепления, чей ресурс увеличится до 428 тыс. циклов.

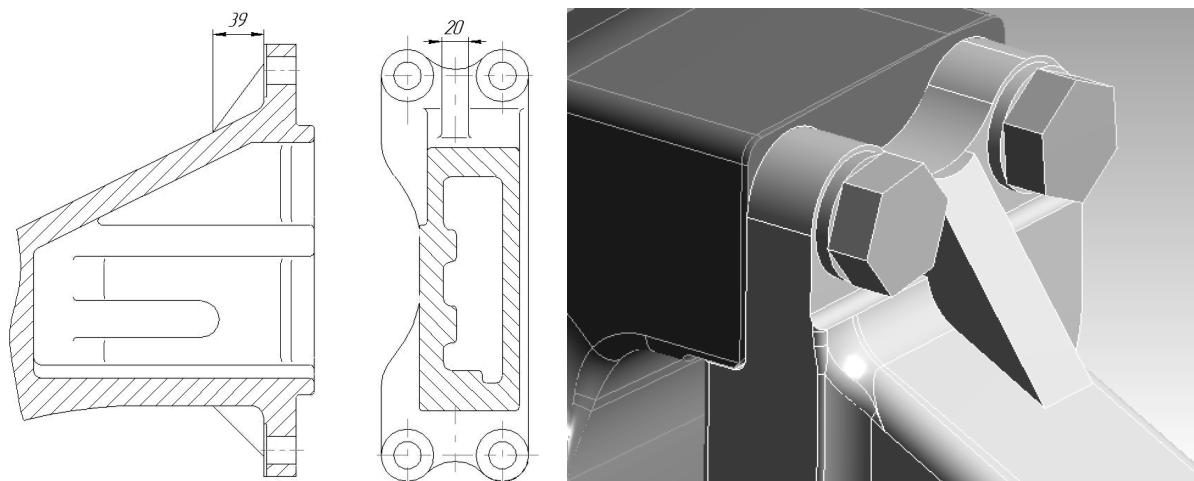


Рис. 4. Дополнительное ребра жесткости в конструкции опорной балки

Недостатком такого изменения конструкции следует считать отсутствие возможности фрезеровки передней грани проушины за один проход, в случае изготовления ребра жесткости литейным способом.

Целесообразно проводить не полное фрезерование грани, а лишь мест под установку шайб болтов крепления (рисунок 5). Такой подход позволит увеличить толщину проушины на 3,5 мм до 24 мм, исключить возникновение на ее передней грани концентратора напряжений и уменьшить максимальные эквивалентные напряжения в конструкции. Однако это приведет к увеличению напряжений в области соединения верхней проушины с основной балкой. Величина эквивалентных напряжений при этом будет достигать 398 МПа.

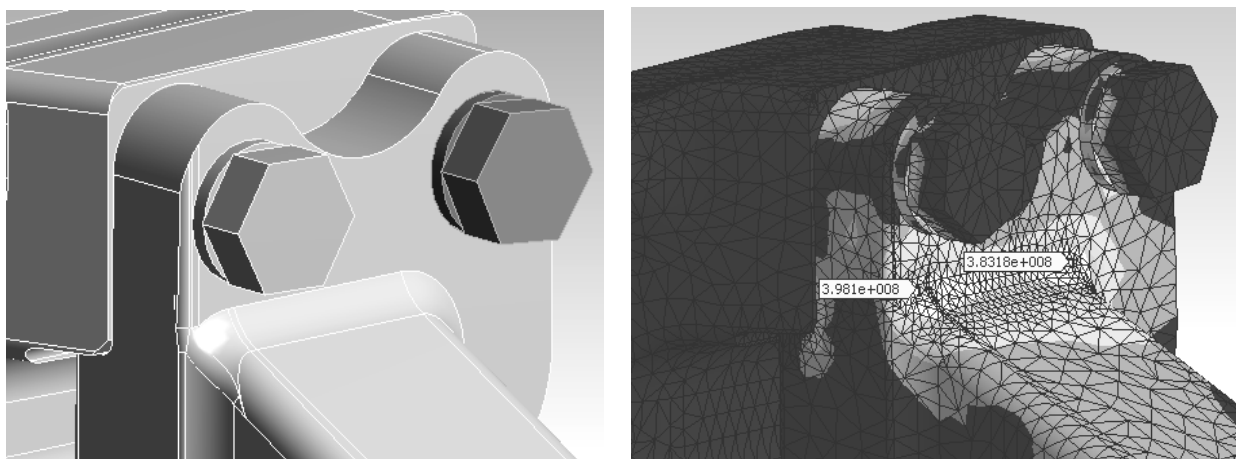


Рис.5. Распределение эквивалентных напряжений на опорной балке portalного моста в конструкции с увеличенной толщиной верхней проушины и опущенными на 7 мм болтами ее крепления

Вследствие увеличения толщины проушины растет длина свободной части ножек болтов крепления, что приводит к увеличению напряжений в местах их вкручивания в редуктор при работе на изгиб. Величина эквивалентных напряжений в ножках болтов при этом увеличивается на 38 МПа

Уровень расположения верхних болтов значительно влияет на величину возникающих напряжений, как у основания проушины, так и на ножках самих болтов. Установлено, что перемещение уровня расположения болтов вниз на 7 мм в конструкции без фрезерования передней грани проушины позволяет снизить максимальные напряжения у ее основания на 75 МПа. Конструкционно возможным представляется снижение уровня болтов вниз до 12 мм, что позволит снизить максимальные эквивалентные напряжения до 297 МПа.

**Заключение.** Компьютерное моделирование нагруженности деталей portalного моста и оценка их прочности и долговечности подтвердили низкий ресурс верхних болтов крепления опорных балок и верхних проушин опорных балок.

По результатам исследований был разработан комплекс мер направленных на повышение прочности и долговечности указанных деталей.

Для повышения долговечности опорных балок portalного моста рекомендуется применить в их конструкции ребра жесткости шириной 20 мм или отказаться от фрезерования передней грани верхней проушины и снизить уровень положения болтов ее крепления от 7 до 12 мм. Установлено, что применение ребра жесткости в нижней части опорной балки не является эффективным. Указанные рекомендации можно также использовать совместно.

#### Список использованных источников

1. Огородникова, О.М. Конструкционный анализ в среде ANSYS // Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004
2. Ицкович Г.М. Сопротивление материалов // М.: Высшая школа, 1966
3. Трощенко, В.Т. Сопротивление усталости металлов и сплавов / В.Т. Трощенко, Л.А. Сочновский // Киев: Наукова думка, 1987