

Т.М. Халилов

(г. Казань, Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ БАЛОК С БОЛТОВЫМ СОЕДИНЕНИЕМ В СИСТЕМЕ АРМ FEM КОМПАС 3Д

**MODELING THE STRENGTH OF BEAMS WITH BOLTED CONNECTION
IN THE АRM FEM КОМПАС 3D**

Проведено моделирование нагрузки на болтовое соединение балок по следующим критериям: нагрузка сверху, нагрузка сбоку при воздействии распределенной силы. Расчет прочности производится с помощью метода конечных элементов в программе АРМ FEM КОМПАС 3Д.

In this article, the load on a bolted connection of beams is modeled according to the following criteria: load from above, when a force is applied from the side. Strength calculation is performed using the finite element method.

Ключевые слова: моделирование нагрузки, болтовое соединение, метод конечных элементов.

Keywords: load simulation, bolted connection, finite element method.

Вступление России в 2012 году в ВТО стимулирует развитие конкурентоспособности всех отраслей российской промышленности. Для сокращения затрат на строительство новых промышленных зданий требуется снижение материалоемкости строительных конструкций. Одним из путей решения этой задачи является оптимальное распределение материала по площадям поперечных сечений в соответствии с напряженно-деформированным состоянием элементов. Этому направлению отвечает применение тонколистовой стали для балок двутаврового сечения. Масса двутавровой балки снижается благодаря тому, что толщина стенки назначается из условия прочности, а местную устойчивость, в отличие от обычных сварных балок, разрешается не проверять исходя из следующих конструктивных особенностей. В связи с этим актуальной задачей повышения эффективности использования тонкостенных балок является оптимизация известных конструктивных решений с учетом характера распределения внутренних усилий от нагрузки [1]. Исходная модель строительной балки с болтовым соединением представлена на рис. 1.

Так же задаем свойства металла нашей модели согласно ГОСТ 26020-83 представленными на рис. 2.

Наиболее эффективным приближенным методом расчета прочности является метод конечных элементов (МКЭ) [2]. Аппроксимация производится тетраэдральными изопараметрическими элементами с линейным полем перемещений (деформации постоянные, грани плоские) и с параболическим

полем перемещений (деформации линейные, грани – полиномы второго порядка).

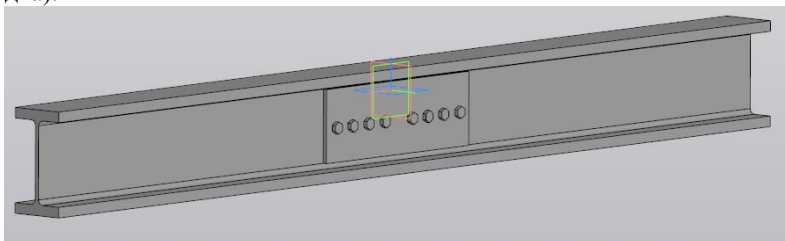


Рис. 1. Исходная модель балки

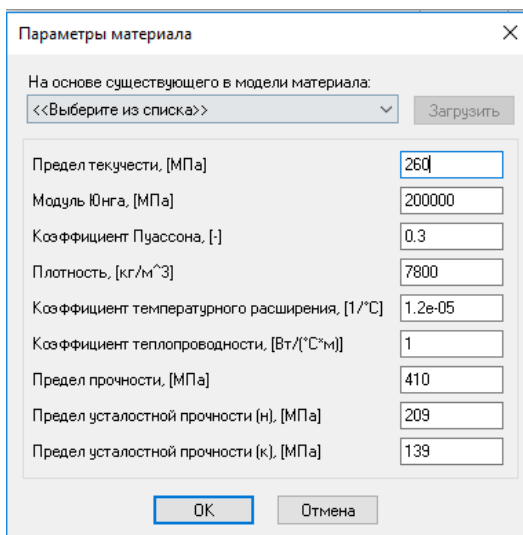


Рис. 2. Свойства металла модели

В табл. 1 представлены нагрузки, применённые к исходной модели балки с болтовым соединением:

Таблица 1. Описание нагрузок

Наименование	Внешние нагрузки	Параметры нагрузки
Статический №1	Распределенная сила	Величина: 14000 Н
Статический №2	Распределённая сила	Величина: 10000 Н

На рис. 3 представлены эквивалентные деформации статистического расчёта №1. Оценка жёсткости конструкции при нагрузке №1 осуществлялась при расчёте на всю верхнюю поверхность балки.

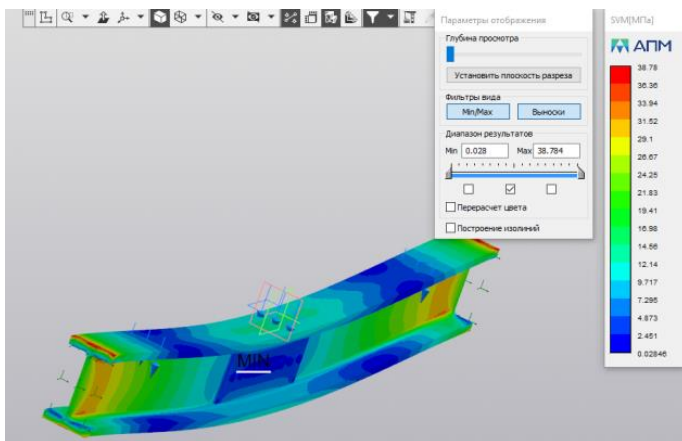


Рис.3. Эквивалентные деформации нагрузки №1.

На рис. 4 представлены эквивалентные деформации статистического расчёта №2.

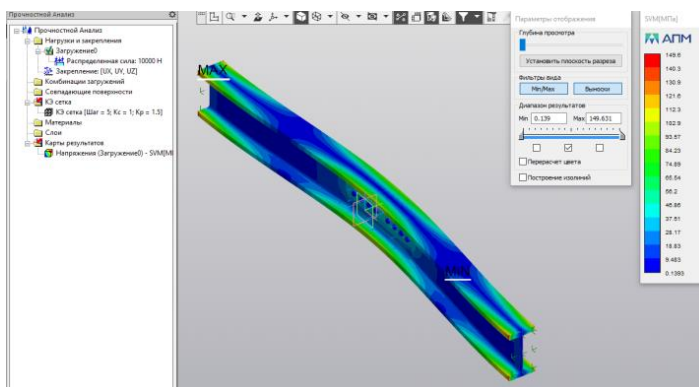


Рис.4. Эквивалентные деформации нагрузки №2.

Оценка жёсткости конструкции при нагрузке №2 осуществлялась при расчёте на всю боковую поверхность балки. Все нагрузки, использованные при расчете регламентированные стандартами ГОСТ, наглядно показали, что данное болтовое соединение устойчиво к распределенной силе, распределенной массе, следовательно, болтовое соединение достаточно прочное. Инерционные характеристики модели 1 и 2, представлены на рис. 5 и рис. 6.

Таким образом, выбранный метод МКЭ и инструмент для моделирования позволяют решить задачу анализа прочности болтового соединения при различных типах нагрузки. Аналогично, МКЭ позволяет эффективно решать и задачи связанные с электромагнитными полями, например электромагнитной совместимости [3, 4].

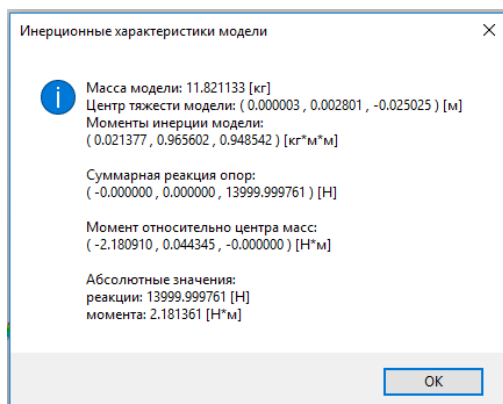


Рис. 5. Инерционные характеристики модели №1

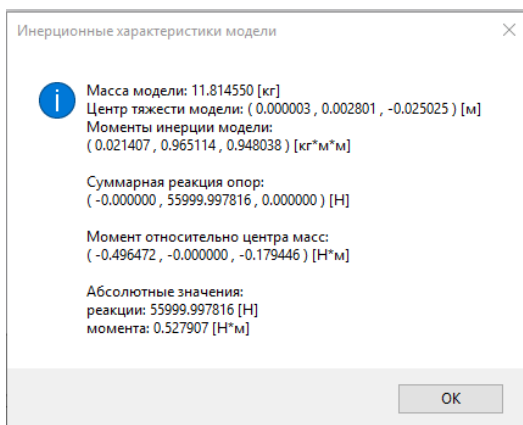


Рис. 6. Инерционные характеристики модели №2.

Список литературы

1. *Серазутдинов, М.Н.* Справочные сведения по курсу «Сопротивление материалов / М.Н. Серазутдинов, К.А. Абдулхаков, В.М. Котляр, М.Н. Убайдуллоев. – Казань: Казан. гос. технол. ун-т; 2007. – 50 с.
2. Программа Компас 3Д АРМstudio. – Текст : электронный // Программа Компас 3Д АРМstudio: [официальный сайт]. – URL: https://kompas.ru/source/info_materials/2018/APM_FEM_17.pdf (дата обращения 11.09.2020).
3. *Гизатуллин, З.М.* Простая методика исследования электромагнитного излучения от электронных средств / З.М. Гизатуллин, М.Г. Нуриев, М.С. Шкиндеров, Ф.Р. Назметдинов // Журнал радиоэлектроники. – 2016. – №9. – С. 7.
4. *Гизатуллин, З.М.* Целостность информации в USB флэш-накопителе при воздействии импульсного магнитного поля / З.М. Гизатуллин, Ф.М. Фазулянов, Л.Н. Шувалов, Р.М. Гизатуллин // Журнал радиоэлектроники. – 2015. – №8. – С. 8.

Материал поступил в редколлегию 05.10.20.