

**Прочностное расчётно-экспериментальное исследование болтового соединения частей конструкции при динамическом воздействии**

к.ф.-м.н. доц. Кулаков Н.А., к.т.н. доц. Любин А.Н, Гаврилов Е.В., Скакбаева А.С.,  
Паниченко И.В.

Университет машиностроения  
8 (495) 223-05-23 доб. 1507

*Аннотация.* В статье представлены результаты расчётно-экспериментального исследования по оценке прочности болтового соединения частей конструкции автобронетанковой техники при воздействии на неё динамической нагрузки, а именно высокоскоростного воздействия давления от взрыва боеприпаса (тротиловой шашки, гранаты). Проведено сравнение расчётных и экспериментальных данных.

*Ключевые слова:* автобронетанковая техника, болтовое соединение, крыша, боковина, конечно-элементная модель.

Работа проводилась в НТЦ «Спецтехника», который является структурным подразделением Университета машиностроения. Это подразделение имеет многолетний опыт работ по прочностным расчётно-экспериментальным исследованиям [1 – 5].

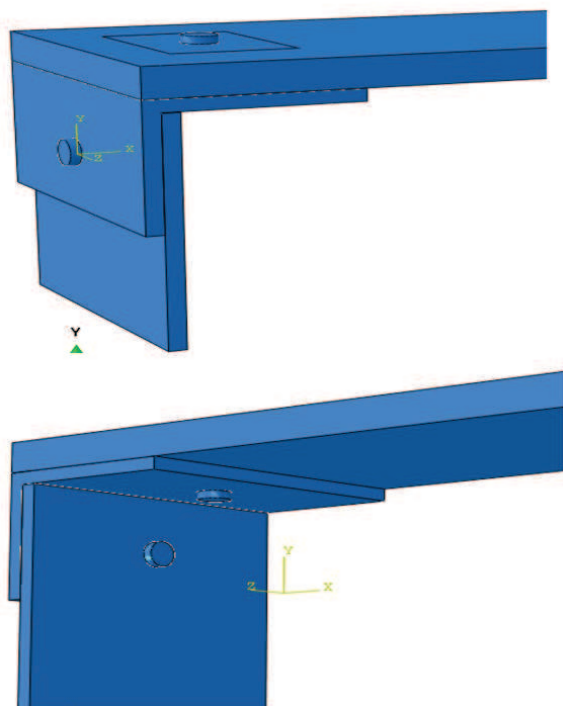
Прочностное расчётно-экспериментальное исследование проводилось для конструкции, представленной на рисунке 1.



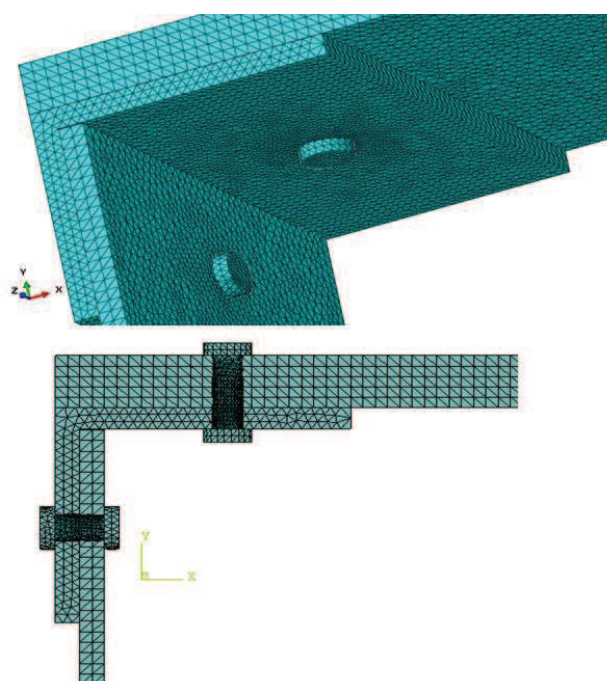
**Рисунок 1. Болтовое соединение частей конструкции**

На рисунке 1 представлена конструкция, состоящая из крыши в виде горизонтальной плоскости и боковины, связанных между собой посредством болтового соединения уголком. Боеприпас располагался на верхней поверхности крыши, в середине её краевой части, непосредственно на одном из вертикальных болтовых соединений.

На рисунках 2 и 3 представлены изображения, соответственно, расчётной и конечно-элементной модели рассматриваемой конструкции.



**Рисунок 2. Расчётная модель рассматриваемой конструкции**

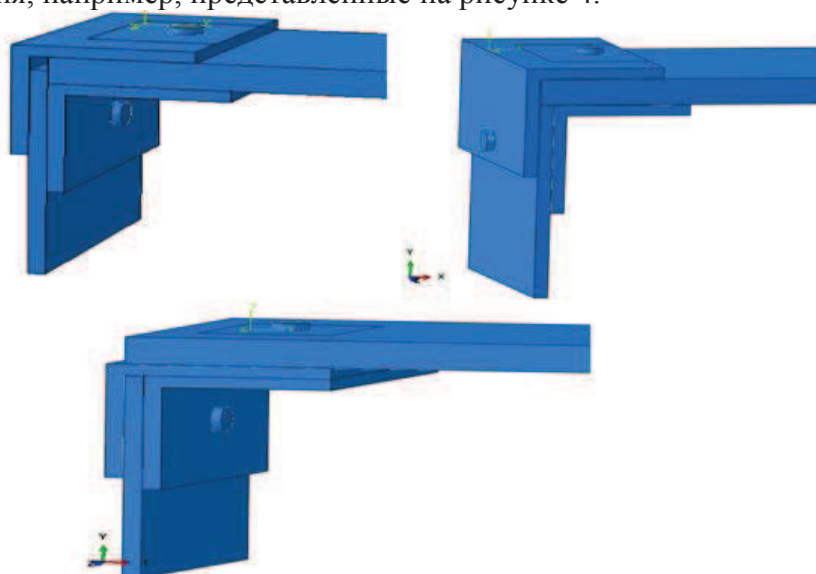


**Рисунок 3. Конечно-элементная модель рассматриваемой конструкции**

В расчёте использовалась трехмерная геометрическая, конечно-элементная модель, решалась упругопластическая задача контактного взаимодействия между всеми прилегающими поверхностями деталей конструкции, без учёта сил трения.

При расчёте представленной конечно-элементной модели рассматривалась упрощенная модель болтового соединения, не требующая решения в отношении резьбы. Болт моделировался сплошным податливым цилиндром, образующим с гайкой и головкой болта единое целое, без учёта предварительной затяжки болта. Такие подробности геометрии как фаски и скругления не моделировались.

Кроме представленного выше основного конструктивного варианта болтового соединения крыши и боковины, в работе рассчитывались и другие конструктивные варианты болтового соединения, например, представленные на рисунке 4.



**Рисунок 4. Конструктивные варианты болтового соединения крыши и боковины**

Ниже приведены отдельные расчётно-экспериментальные результаты по основному конструктивному варианту болтового соединения. На рисунке 5 представлена картина максимальных расчётных перемещений элементов конструкции в миллиметрах, а на рисунке 6 – картина максимальных расчётных напряжений элементов конструкции.

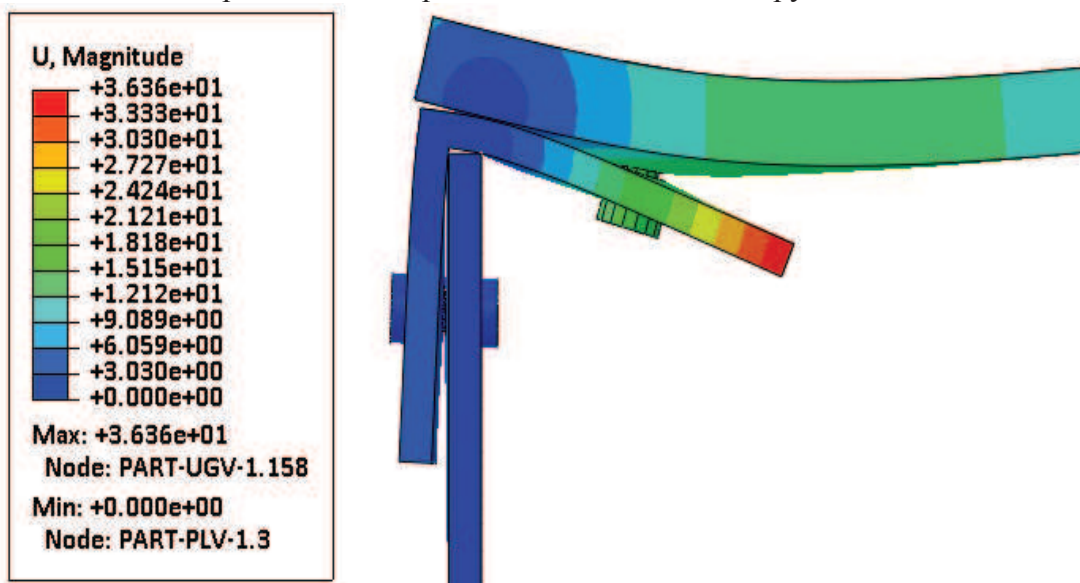


Рисунок 5. Картина максимальных перемещений элементов конструкции

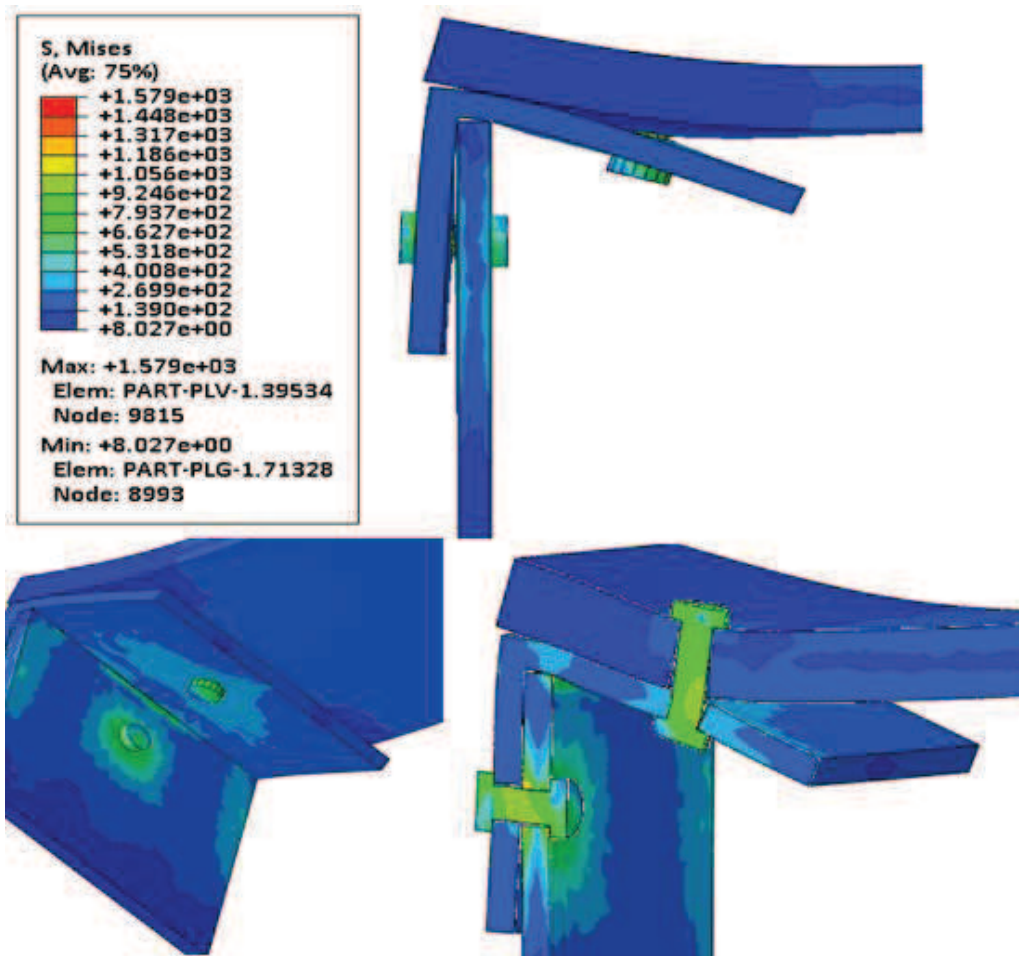
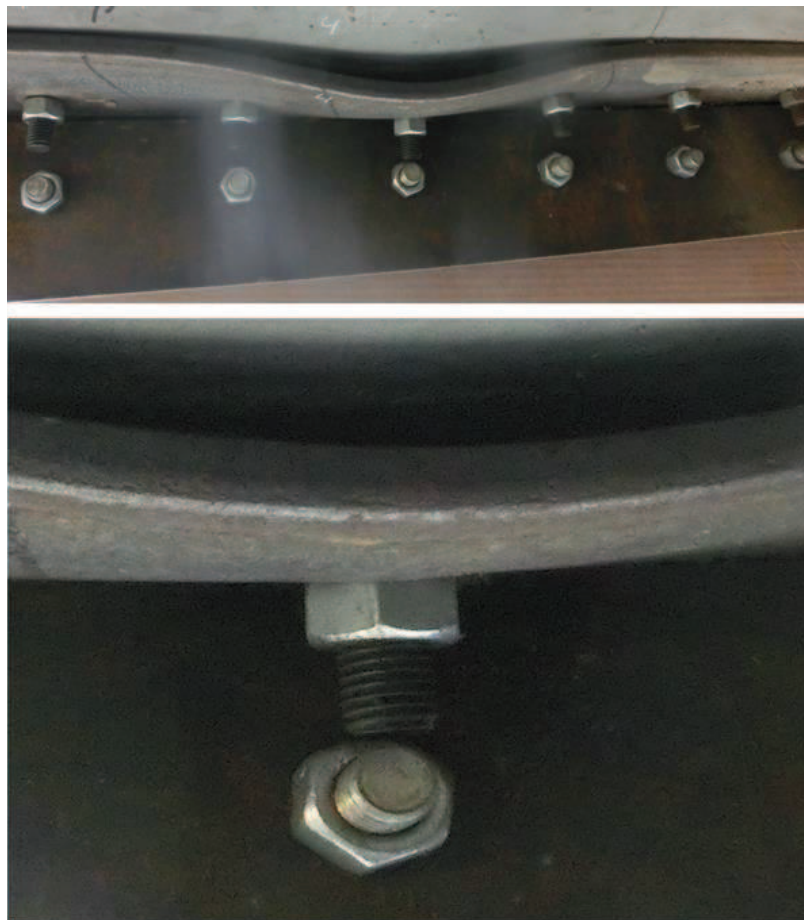


Рисунок 6. Картина максимальных напряжений элементов конструкции

На рисунке 7 представлены фотографии основного варианта конструкции болтового соединения, полученные в результате натурных испытаний.





**Рисунок 7. Результаты натурального эксперимента основного варианта конструкции**

#### **Выводы**

На основании расчетных данных, полученных в результате решения методом конечных элементов, были выбраны оптимальные параметры узла соединения крыши и боковины. Выбранный вариант конструкции успешно прошел натурные испытания подрывом. Результаты расчетов удовлетворительно совпадают с результатами натурального эксперимента.

#### **Литература**

1. Кулаков Н.А. Воздействие динамической нагрузки на наземные транспортные средства. Избранные проблемы прочности современного машиностроения. М.: Физматлит, 2008, с. 150 – 156.
2. Кулаков Н.А., Любин А.Н. Расчет несущих систем автобронетанковой техники на статическую и специальную динамическую нагрузку с учетом свойств сварных швов. М.: Известия МГТУ «МАМИ», 2009, № 2(8), с. 9 – 15.
3. Кулаков Н.А., Шевченко А.А. Оценка фугасного воздействия мин на несущие конструкции и экипажи автобронетанковой техники. Поражающие факторы. Способы защиты. М.: Известия МГТУ «МАМИ». – 2012. – № 2(14), – т.1. – С. 194 – 205.
4. Кулаков Н.А., Любин А.Н., Скакбаева А.С. Расчетно-экспериментальное исследование стойкости композитной керамической брони при воздействии пуль и высокоскоростных осколков. М.: Известия МГТУ «МАМИ». – 2012. – № 2(14), – т.1. – С. 206 – 213.
5. Кулаков Н.А., Гаврилов Е.В. Особенности конструкций энергопоглощающих кресел, используемых в автобронетанковой и авиационной технике. М.: Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. – № 1(19).