

В.С. Гришин, А.В. Мельничук

## МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РАЗРУШЕНИЙ НАГРУЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Аннотация. В исследовании были рассмотрены методы сокращения материальных ресурсов и временных затрат путем рационализации предварительно-подготовительного анализа тягово-цепных устройств (фаркопов) в условиях современного производства. Материалы исследования описывают рекомендуемый метод моделирования деталей и сборок, а также симуляцию их нагружения. Это включает в себя простой в использовании метод моделирования геометрии фаркопа, сварных швов и болтов, а также определение допустимых напряжений в плоских листовых деталях, вблизи сгибов листового металла, сварных швов и болтов.*

*Ключевые слова: предварительно-подготовительного анализ, моделирование, тягово-цепные устройства, конструкция, технология, пластическая деформация, износ.*

### Введение

При изготовлении множества ответственных деталей машиностроения, в частности тягово-цепных устройств (фаркопов), в соответствии с действующими нормами омологации и жизненного цикла изделия [1], производится проверка каждого типа изделия посредством стендовых испытаний [2]. На практике утверждение конструкции изделия, посредством его испытания на стендах для дальнейшего производства как серийного изделия занимает много времени, что подчеркивает важность сокращения времени на предварительный анализ в компьютерной среде, особенно это важно в условиях сильной конкуренции на рынке. Значительная часть прототипов, тестируемых на стендовом оборудовании не проходит контрольные испытания из-за разрушений целостности конструкции, поэтому проблема предварительного анализа конструкции стоит очень остро.

Целью данной работы является повышение интенсивности успешного исхода испытаний прототипов и готовой продукции, посредством оценки внутренних напряжений выпускаемой продукции.

### Основная часть

Для достижения поставленной цели в производство внедряется тестирование вышеупомянутой продукции методом конечных элементов [3,4] в среде современного прикладного программного обеспечения. Такие методы применяются и в сфере производства фаркопов. Отсутствие рационального анализа конфигурации фаркопа и структуры его составляющих существенно удорожает процесс производства фаркопов, поэтому очень важно найти «золотую середину» между прототипами, которые могут разрушиться и теми, которые имеют завышенный запас прочности. Для этой цели в работе используется модуль Solidworks (программное обеспечение САПР) - Solidworks Simulation [5].

Проведено моделирование конструкции, при котором было рассмотрено два пути ее моделирования – твердотельный и оболочковый. По итогу выявлены основные преимущества и недостатки обоих методов, результаты сравнения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение методов моделирования

|              | Твердотельный метод   | Оболочковый метод  |
|--------------|---|--|
| Преимущества | Простое и быстрое импортное существование геометрии в модуль симуляции. | Создание сетки и проведение симуляции посредством оболочек происходит гораздо быстрее чем в твердых телах.     |
| Недостатки   | Необходимость устранять зазоры в геометрии твердых тел.                 | Создание оболочек с параметрами, отражающими реальное состояние свойств материала занимает значительное время. |

В качестве метода для данного исследования был выбран метод твердотельного моделирования, в силу его простоты и низких временных затрат. Данный метод удобен из-за возможности использования разработанной электронной конструкторской документации для расчетов и требует минимальной ее обработки в среде симуляции. Твердотельные модели в общем случае представляют собой упорядоченную совокупность данных, числовых характеристик, параметров,

математических и логических зависимостей, отображающих структуру, свойства, взаимосвязи и отношения между элементами объекта, а также между объектом и его окружением [6].

Одной из задач исследования, которая должна сократить время на обработку конструкции в среде симуляции, стало моделирование крепежных соединений, так как на практике было выяснено, что стандартные элементы базы крепежных элементов прикладного программного обеспечения не отражают действительную картину деформаций и внутренних напряжений в конструкции фаркопа при симуляции нагрузок. Для этого крутящие моменты затяжки болтов были пересчитаны в осевые усилия, по формуле:

$$F_a = \frac{M_a}{0,2 \cdot d}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр болта [м],  $M_a$  – крутящий момент [Н·м],  $F_a$  – осевое усилие [Н].

После установки контактов между взаимодействующими элементами и сил, которые воздействуют на каждый из них, построена эпюра внутренних напряжений по критерию фон Мизеса [7], рис. 1.

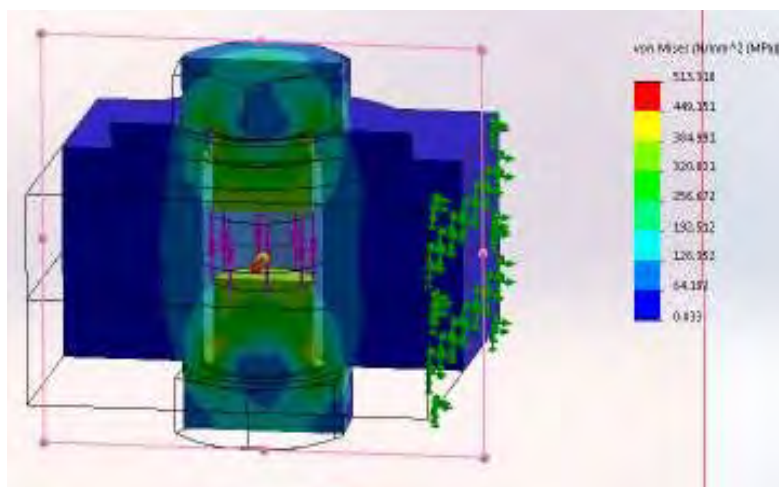


Рисунок 1 - Эпюра внутренних напряжений

Результаты моделирования показали полное соответствие модели с практическим испытанием на стенде. Это дало нам основание заменить все стандартные крепления в изделии элементами из созданной в работе базы крепежа, что существенно ускорило процесс программной обработки данных.

На упрощенных примерах проведено моделирование нагружения сварных швов и определения наиболее реалистичного метода реализации сварных швов в программном обеспечении. В исследова-

нии были сопоставлены результаты моделей с использованием разделительной линии на поверхности детали, в месте сварного шва, и твердотельного материала, вместо сварного шва, рисунок 2.

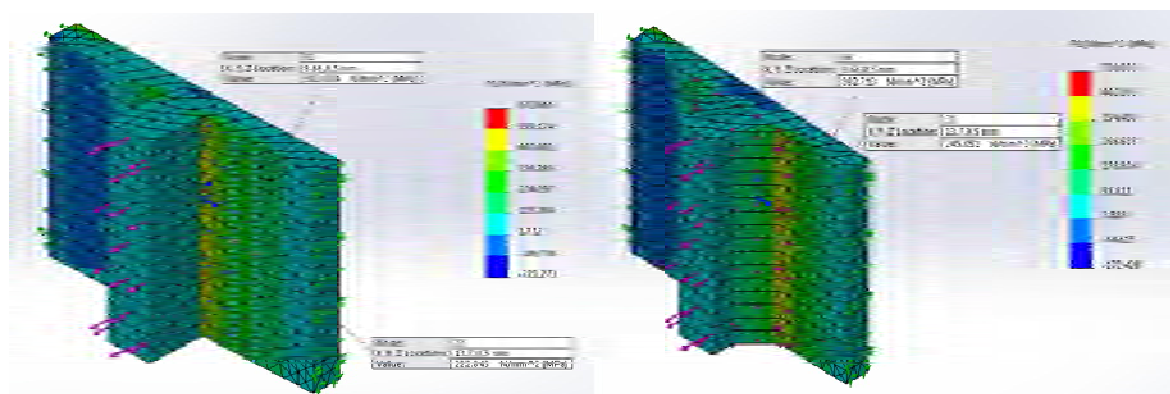


Рисунок 2 – Симуляция растяжения и сжатия сварных деталей

Для реализации сварных швов в исследовании было принято решение не использовать твердотельные элементы, имитирующие сварной шов, так как значения напряжений в моделях с твердотельными элементами не значительно отличаются от моделей с разделенными поверхностями. Вместо этого мы стали делить поверхность свариваемых деталей линией разъёма, разграничивая таким образом нагруженные зоны в рассматриваемых элементах конструкции. Данные полученные при эксперименте далее использовались для симуляции напряжений в фаркопе, рисунок 3.

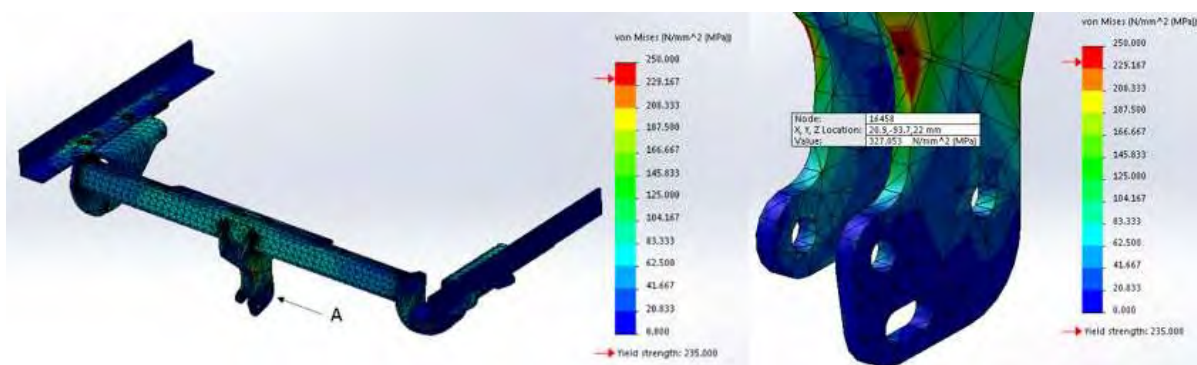


Рисунок 3 – Напряжения в фаркопе

Применение вышеописанных нововведений привело к сокращению материальных ресурсов, за счет снижения количества изделий непрошедших контрольные испытания, и временных затрат путем рационализации предварительно-подготовительного анализа тягово-сцепных устройств (фаркопов).

### Вывод

Предложены новые методы обнаружения и предотвращения потенциальных разрушений, а также повышения долговечности и эксплуатационной надежности готовой продукции.

Несмотря на то, что время для подготовки исследования было незначительно увеличено – на 4,7%, общее время расчета нагрузок было уменьшено значительно – на 54,2%, за счет использования созданных моделей, имитирующих крепеж, вместо стандартных элементов крепежа модуля SolidWorks Simulation, такие как виртуальные болты, гайки и шайбы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Долматов А.И., Богуслаев А.В. Повышение жизненного цикла оснастки на основе защитных технологий. – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2000-296 с.
2. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции, с. 40.
3. Даутов, Р.З., Карчевський М.М. Введення в теорію методу скінченних елементів: Навчальний посібник / Даутов Р. З., Карчевський М. М. Казань: Казанський державний університет ім. В.І. Ульянова-Леніна, 2004. – 239 с.
4. Bryan, J. Mac Donald Practical Stress Analysis with Finite Elements (2nd Edition) / J. Bryan. – Ireland: 2011. – 402 p.
5. Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.Е., Пономарев Н.Б., Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике. -СПб: БХВ – Петербург, 2005-800с.: ил.
6. Твёрдотельное моделирование в конструкторско-технологической подготовке производства. Ч. 1. Общие принципы твёрдотельного моделирования / В. В. Борисевич, В. Е. Зайцев, А. Н. Застела, Я. С. Карпов, В. С. Кривцов, А. Н. Мещеряков, А. А. Павленко. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003, с. 3-4.
7. Richard von Mises. Mathematical Theory of Probability and Statistics. — New York: Academic Press, 1964. – 708 p.