

УДК 539.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ НДС УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ УСИЛИЙ ТИПА «ШЛЯПА» ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Самошkin С.А., Магистрант, Группа ПСМ-41, I год обучения

Научный руководитель: Бурнышева Т.В., д.т.н., доцент

ФГБОУ ВО Новосибирский государственный технический университет  
г. Новосибирск

Датчик контроля усилия (ДКУ) – это автономное устройство, предназначенное для измерения силы сжатия или растяжения с последующим преобразованием этого параметра в электрический сигнал. Принцип действия тензометрического датчика основан на использовании упругого элемента, воспринимающего приложенную нагрузку. В зонах наибольшей деформации на этот элемент закрепляются тензорезисторы [1].

Конструкция датчика допускает применение упругих элементов различных геометрических форм. Упругий элемент помещается в корпус и герметизируется защитным покрытием на основе эпоксидных смол.

Данные датчики нашли применение во многих сферах промышленности, где требуется мониторинг и управление механическими нагрузками. С их помощью измеряют усилие затяжки анкерных креплений и болтов, проводят испытания на усталостную прочность, а также фиксируют весовые нагрузки в различных системах.

Для исследования напряжённо деформированного состояния (НДС) при комбинированном статическом нагружении был смоделирован упругий элемент типа «Шляпа» (рис. 1). Такая геометрия обеспечивает более равномерное распределение напряжений и удобство в монтаже тензорезисторов на поверхности элемента.

Исследование было выполнено с использованием программного комплекса Ansys WorkBench. Данная платформа представляет собой многофункциональную систему анализа, предназначенную для решения широкого круга инженерных задач. Она позволяет проводить компьютерное моделирование физических процессов в таких областях, как механика деформируемых тел, гидрогазодинамика, решение задач контактного взаимодействия и др.

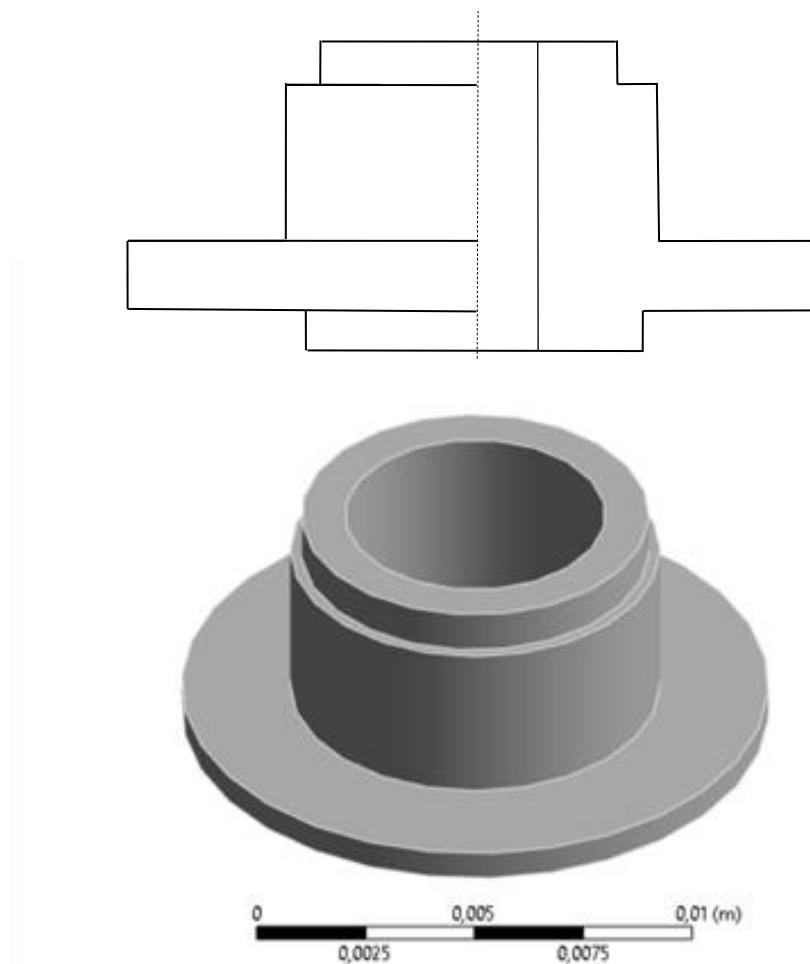


Рис 1. Геометрия упругого элемента типа «Шляпа»

Материал упругого элемента 50ХФА. Этот сплав представляет собой конструкционный материал специального назначения, применяемый в ограниченной сфере промышленности. Он разработан для изготовления высоконагруженных элементов, в первую очередь рессор и пружин, где критически важны высокая прочность и устойчивость к динамическим и статическим нагрузкам. Предел текучести материала 1100 МПа (ТУ 14-1-950-74).

На основе выбранной геометрии упругого элемента в программном комплексе ANSYS была разработана конечно элементная модель (рис. 2). При создании расчётной модели был выбран конечный элемент SOLID187. Данный элемент состоит из 10 узлов с тремя степенями свободы в каждом узле: перемещениями в узловых направлениях x, y и z. Количество узлов в полученной конечно элементной модели составило 49111.

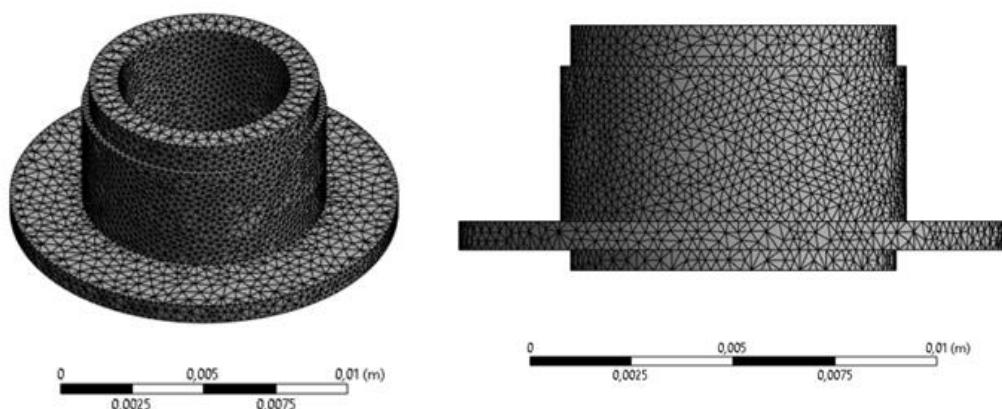


Рис 2. Конечно элементная модель упругого элемента ДКУ

В данном исследовании рассчитывалось НДС упругого элемента при двух разных видах нагружения (рис. 3):

А) Распределённое усилие в 5000Н прикладывается по нормали к верхней поверхности элемента.

Б) Геометрическая сумма распределённой нормальной и перерезывающей силы составляет 5000 Н. Перерезывающая сила составляет 12% от величины нормальной нагрузки.

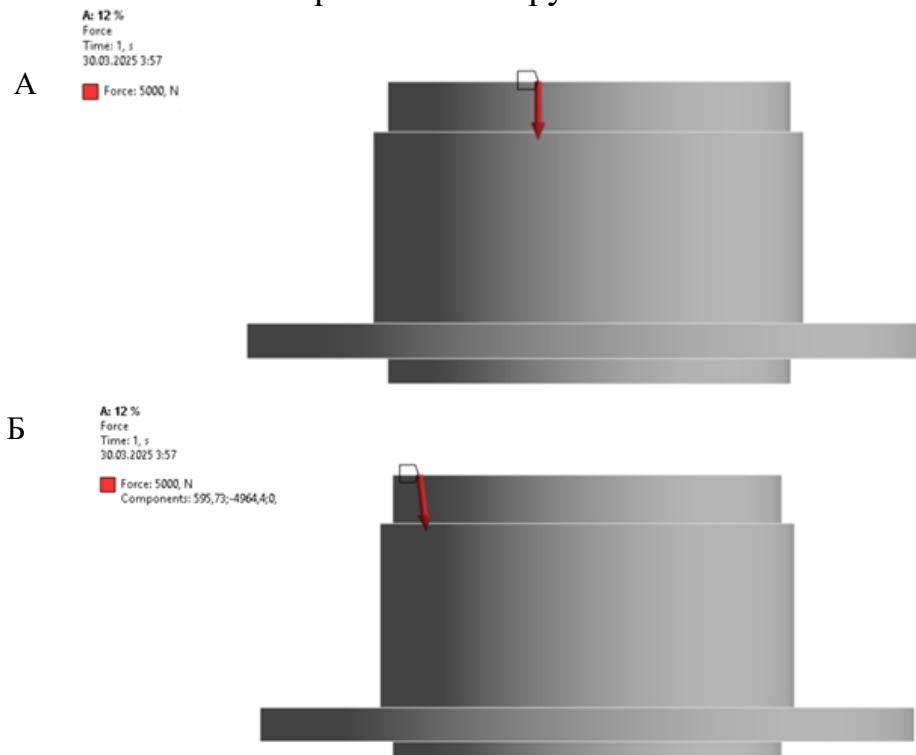


Рис 3. Нагружение упругого элемента ДКУ: А - Нормальное;  
Б - Комбинированное

Полученные в результате расчёта распределения эквивалентных напряжений по Мизесу представлены на Рис. 4.

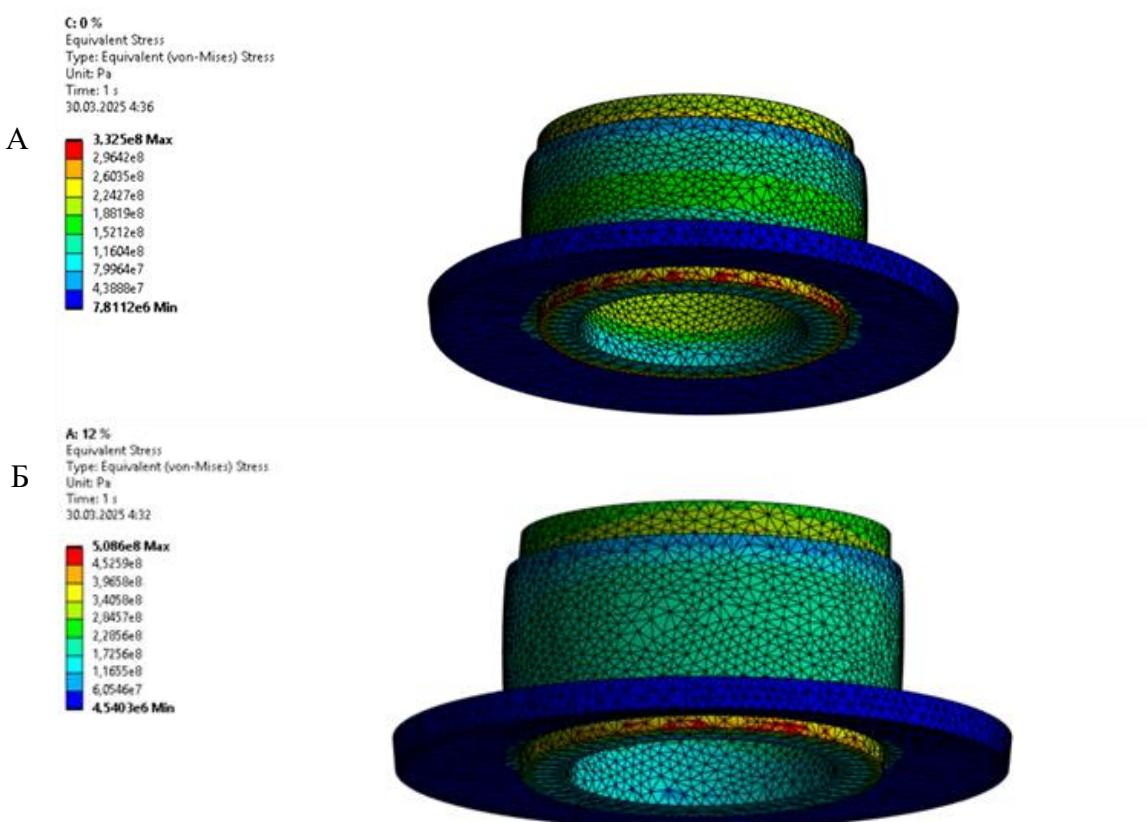


Рис 4. Распределение напряжений при нагружении: А) нормальном; Б) комбинированном

При приложении нормальной нагрузки максимальные напряжения распределяются равномерно по нижней поверхности и достигают  $3,325 \times 10^8$  Па. При приложении комбинированной нагрузки максимальные напряжения концентрируются в зоне, расположенной на нижней поверхности упругого элемента, на стороне, совпадающей с направлением перерезывающей силы, и составляют  $5,086 \times 10^8$  Па.

Вывод: внесение в нагружение перерезывающей нагрузки приводит к росту максимальных эквивалентных напряжений, но не вносит существенных изменений в распределение напряжений в зоне установки тензорезисторов. В связи с этим комбинированное нагружение датчика не скажется существенным образом на его работоспособности.

#### Список литературы

1. Клокова, Н. П. Тензорезисторы: Теория, методики расчёта, разработки, - М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.
2. Тензорезисторы общее описание и принципы работы / [Электронный ресурс] // tmljp : [сайт]. — URL: [https://www.tmljp.ru/information/tenzorezistory\\_obshchee\\_opisanie/](https://www.tmljp.ru/information/tenzorezistory_obshchee_opisanie/) (дата обращения: 08.09.2024). <https://novosibirsk.tenso-m.ru/tenzodatchiki/szhatija-kolonna/83/>.
3. Сухарев И. П. Экспериментальные методы исследования деформаций и прочности / И. П. Сухарев. - М., 1987. - 212 с. : ил.