

УДК 681.26

## **Анализ консольной балки и разработка силоизмерительного модуля на ее основе**

*Беляев Н.Т., студент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»*

*Научный руководитель: Буцев А.А., доцент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)*

### **Анализ балки**

Исследуемая балка представлена на рис.1 Она является прототипом балки Н4, выпускаемой компанией «Тензо-М». Балка выполнена из Стали 45(холоднотянутая).

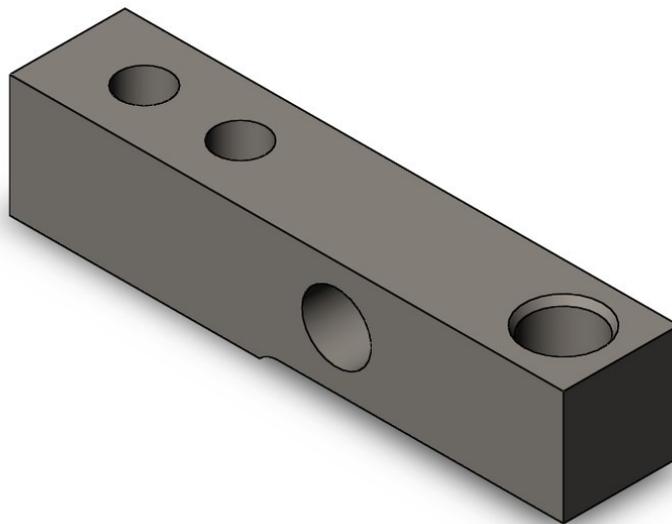


Рис. 1. Внешний вид исследуемой балки

Анализ заключается в выборе оптимальных габаритных размеров, а также положения отверстия в балке. Данное отверстие предназначено для равномерного распределения перемещений, вследствие которых тензорезистор, размещенный внутри будет иметь линейную характеристику.

Так же необходимо учитывать влияние заделки на показания датчиков, из-за чего невозможно расположить отверстие непосредственно около заделочных отверстий. А при

расположении отверстие далеко от них, теряется необходимая чувствительность к нагрузкам.

Для определения оптимального положения отверстия было проведено исследование балки в SolidWorks Simulation и построена эпюра распределения напряжений внутри балки. Результаты исследования представлены на рис.2.

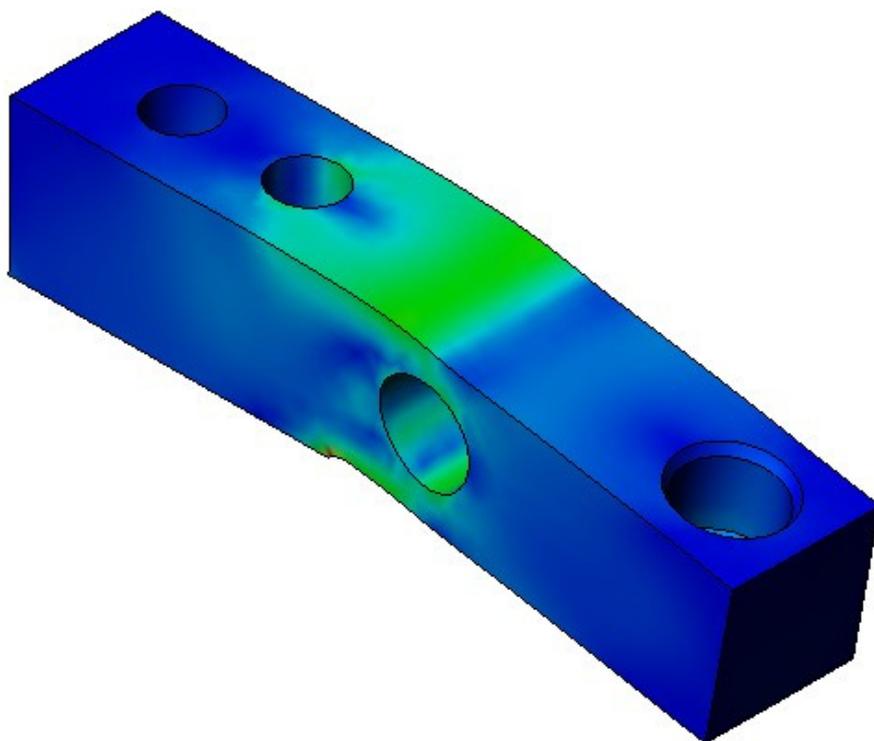


Рис. 2. Эпюра напряжений в балке

Приложив к балке нагрузку 10кН, можно заметить распределение напряжений в область заделки, что приводит к неточным измерениям. Главной причиной этому служит неправильное расположение отверстия под измерительные датчики.

Для поиска оптимального расположения отверстия было исследовано 7 различных вариантов. Положение отверстия задается расстоянием между свободным концом балки и центром отверстия. На рис. 3 представлены варианты балок, позволяющие заметить разницу в деформации балки при различном расположении отверстия.

Из всех рассмотренных вариантов, только у балки, представленной на рис. 4, удалось получить области равномерного распределения перемещений (указаны стрелкой). Отверстие у этой балки находится на расстоянии 45мм.

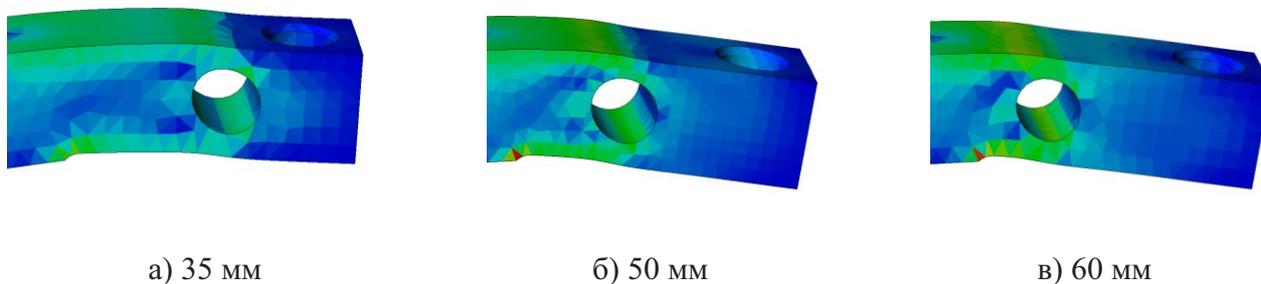


Рис. 3. Эпюры деформации балок с различными расстояниями до отверстия

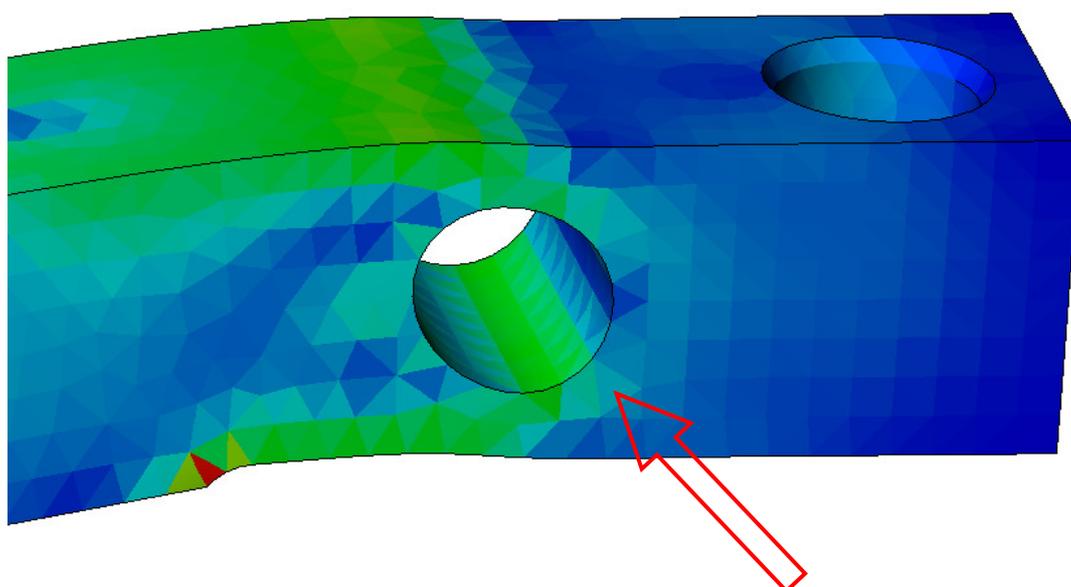


Рис. 4. Эпюра деформации оптимизированной балки

В результате проведения анализа удалось оптимизировать размеры балки и положение отверстия для тензодатчиков без изменения точности измерений и чувствительности к нагрузкам. Для применения улучшенной балки был разработан весоизмерительный модуль.

#### **Разработка силоизмерительного модуля**

Основными конструкциями, в которых используются подобные балки, являются:

- Платформенные весы
- Палетные весы
- Автомобильные весы

Проанализировав существующие силоизмерительные модули, был разработан вариант, не имеющий аналогов. Конструктивная схема модуля представлена на рис. 5.

В его основе лежит оптимизированная балка, крепящаяся к основанию двумя винтами  $M12 \times 1.75$ . Как видно из рис.2, Наибольшее перемещение балки при воздействии максимальной нагрузки равно 0.16 мм, поэтому зазора между балкой и основанием в 5мм будет достаточно. Также основание может выполнять функцию ограничителя перемещений балки, при воздействии силы, превышающей НПИ(наибольший предел измерений).

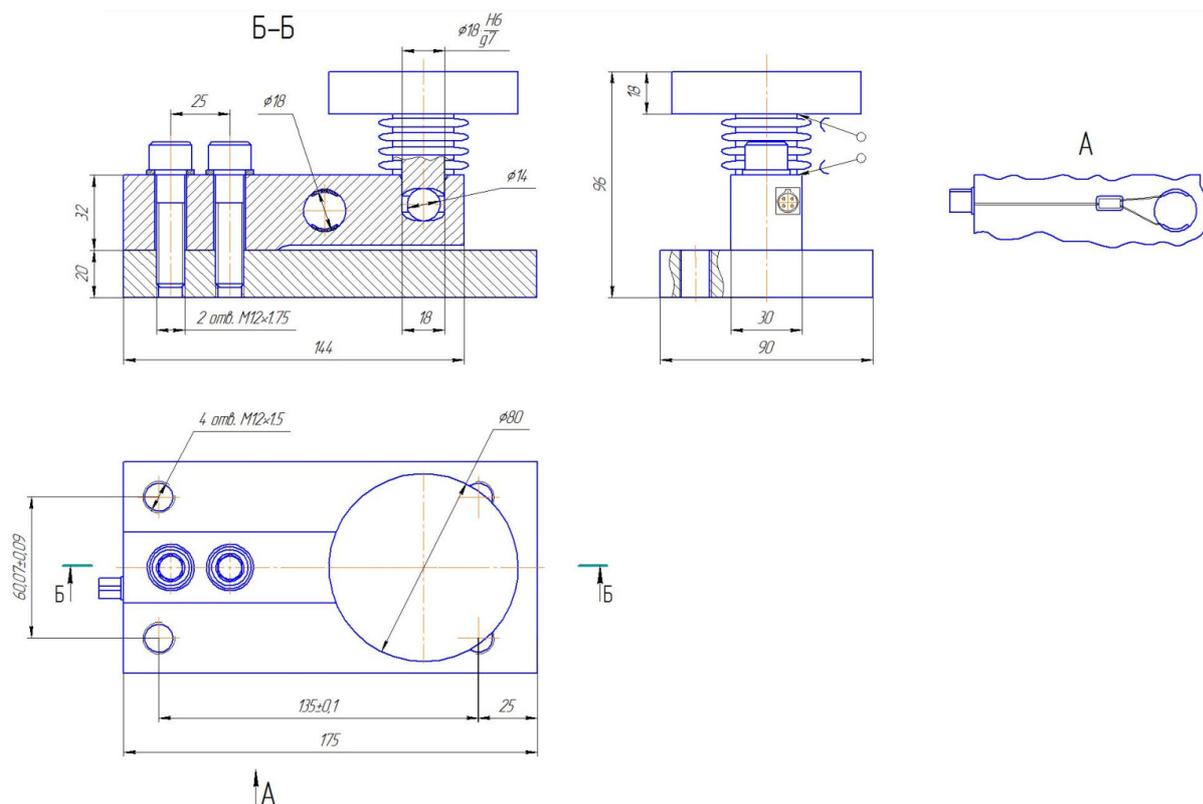


Рис. 5. Конструктивная схема модуля

Внутреннее устройство модуля представлено на рис. 6. Платформа, на которую действует нагрузка, взаимодействует с балкой посредством шарнира, расположенного между ними. Диаметр шарика рассчитан при помощи внутренних функций Solid Works так, чтобы выдержать максимальную нагрузку без деформации.

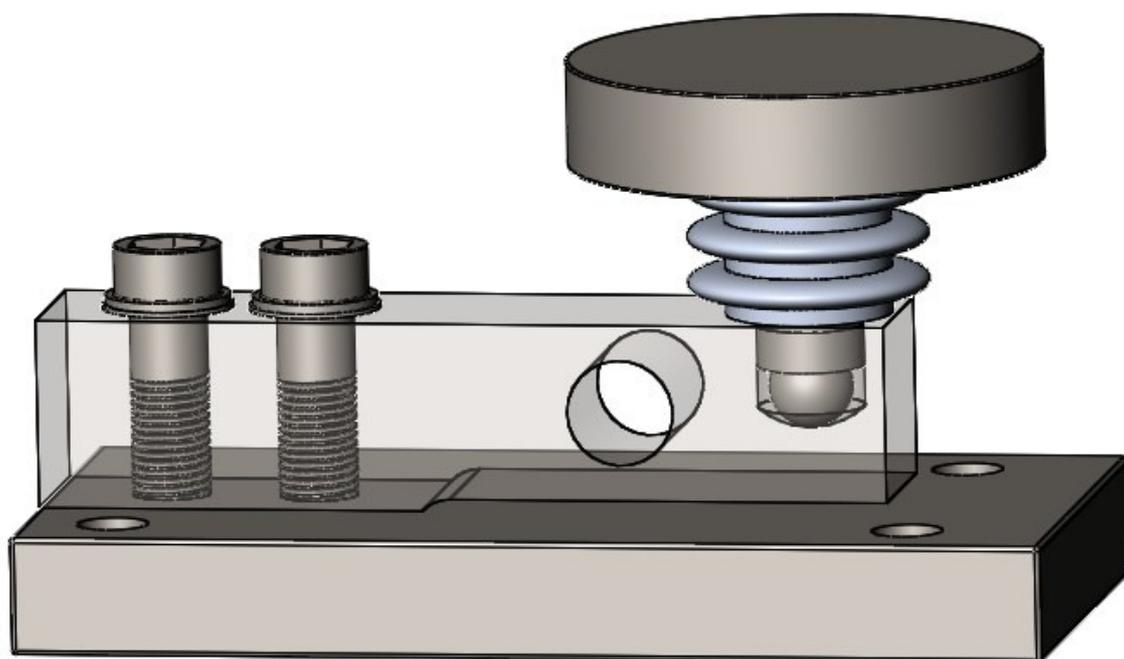


Рис. 6. Внутреннее устройство

Использование шарнира позволяет не накладывать жестких ограничений на центровку воздействующей нагрузки, что упрощает эксплуатацию модуля.

Платформа удерживается в балке при помощи гофра, припаянного и к балке, и к платформе. Используемый гофрированный материал не создает погрешности в измерениях, а также служит для предотвращения попадания пыли и инородных тел в отверстие с шарниром.

### **Измерение нагрузки**

Для измерения прикладываемой нагрузки используется тензорезистор 2ФКП-500'2. При деформации, сопротивление тензорезистора меняется. Определим зависимость сопротивления резистора от деформации балки.

Используя уравнение преобразования относительной деформации в относительное изменение сопротивления тензорезистора:

$$\frac{\Delta R}{R} = e^{K \cdot \varepsilon(P)} - 1, \quad (1)$$

где  $\Delta R$  - изменение сопротивления тензорезистора,  $\varepsilon(P)$  – деформация упругого элемента,  $K$  – чувствительность тензорезистора.

Проведя расчеты, было найдено значение  $K=2.0529$ . А считая  $R=200$  Ом, формула (1) примет вид:

$$\Delta R = 200(e^{2.0529 \cdot \varepsilon} - 1) \text{ Ом}. \quad (2)$$

Формулу (2) называют передаточной функцией.

Для того, чтобы провести измерения (взвешивание) необходимо как минимум четыре модуля. Их располагают в углах прямоугольной рамы, на которую действует нагрузка. Разработанный модуль обладает достаточно высокой точностью, широким диапазоном измерений, а также прост в производстве. Еще одной особенностью модуля является его полная уникальность.

### Список литературы

1. Пономарев С.Д., Андреева Л.Е. Расчет упругих элементов машин и приборов. М.: Машиностроение, 1980. 326 с.
2. Проектирование датчиков для измерения механических величин / под ред. Е.П. Осадчего. М.: Машиностроение, 1979. 480 с.
3. Клокова Н.П. Тензорезисторы: теория, методика расчета, разработки. М.: Машиностроение, 1990. 224 с.