

обеспечивающие устранение причин их появления при дальнейшей эксплуатации;

- отказы, вызванные воздействием непредусмотренных технической документацией факторов;

- отказы, вызванные нарушением требований эксплуатационной документации обслуживающим персоналом.

После классификации отказов на «зачетные» и «незачетные» проводится обработка статистических данных по результатам эксплуатации аналога.

Успешным испытанием считается испытание, в котором выполнялось условие:

$$\tau_{\text{подг}} < \tau_{\text{н}}.$$

В процессе обработки статистических данных из рассмотрения исключаются все «незачетные» отказы («незачетные» испытания) и определяется количество «зачетных» испытаний N_3 .

Нормативное время подготовки ($\tau_{\text{н}}$) определяется по формуле:

$$\tau_{\text{н}} = \tau_{\text{тг}} + \tau_{\text{у}},$$

Где $\tau_{\text{тг}}$ – время подготовки по технологическому графику;

$\tau_{\text{у}}$ – время на поиск и устранение неисправностей.

При оценке надежности в качестве величины времени поиска и устранения неисправностей используются среднестатистические значения, достигнутые по результатам эксплуатации РЭС.

Математическое ожидание времени поиска и устранения неисправностей находится по формуле:

$$\bar{\tau}_{\text{у}} = \frac{\sum_{i=3}^{N_3} \tau_{\text{у}c}}{N}.$$

e-mail: kipres@ssau.ru

УДК 004.942;539.371

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ СЕТКИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

В.А. Зеленский, М.В. Капалин

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

При разработке 3D-моделей и выполнении конструкторских расчетов часто используется метод конечных элементов (МКЭ).

Особенностью МКЭ является зависимость точности модели, времени расчета и объема используемой памяти от размера элементов сетки. С увеличением количества элементов повышается точность результатов, но увеличивается объем вычислений, что отражается на времени работы решателя [1]. Поэтому определение оптимальной конфигурации сетки является необходимым и важным этапом построения модели. В работе исследовалась запатентованная конструкция чувствительного элемента микромеханического гироскопа [2], представленная в виде модели в программе «Comsol Multiphysics» с различными размерами сетки (рисунок 1).

Результаты исследования для различных размеров элемента сетки сведены в таблицу 1, а зависимость времени расчета от размеров элемента сетки наглядно представлена на рисунке 2.

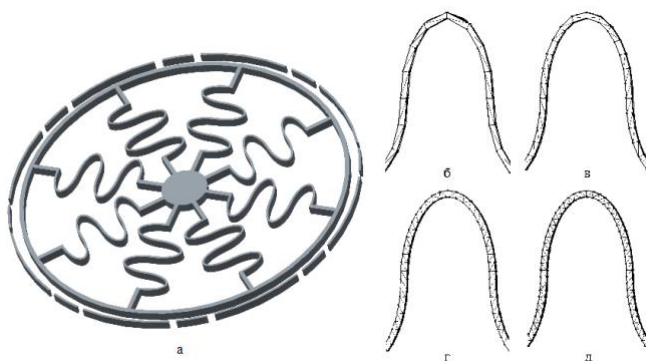


Рисунок 1 - а) конструкция микроэлектромеханического вибрационного кольцевого гироскопа, б) рисунок сетки с размером элемента «Normal», в) рисунок сетки с размером элемента «Fine», г) рисунок сетки с размером элемента «Finer», д) рисунок сетки с размером элемента «Extra fine»

Таблица 1 – Зависимость значений расщепления частоты от размеров элементов сетки

Размер сетки	Количество степеней свободы	Время расчёта, с	Частоты по осям, Гц		Расщепление частоты, Гц
			1	2	
«Normal»	373991	93	5211,47	5212,69	1,22
«Fine»	490742	132	4555,77	4555,97	0,20
«Finer»	887347	267	4521,83	4521,89	0,06
«Extra fine»	1912881	4162	4518,11	4518,16	0,05

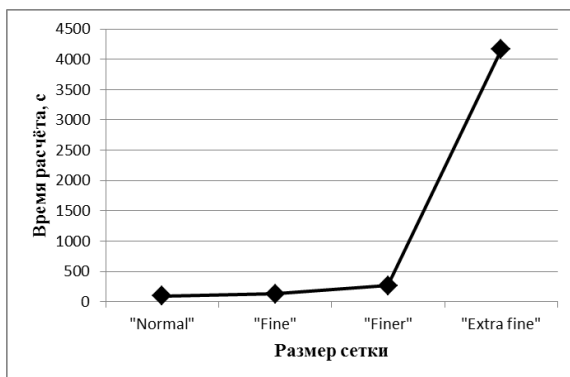


Рисунок 2 – График зависимости времени расчёта от размера сетки

Из данных таблицы 1 и графика на рисунке 2 следует, что существует некоторый критический размер сетки, после которого резко увеличивается время расчёта, что объясняется использованием постоянного запоминающего устройства. В то же время, точность расчета повышается незначительно. Таким образом, для решения данной задачи оптимальным является размер сетки «Finer».

Список использованных источников:

1. Aman D. Effect of Mesh Size on Finite Element Analysis of Beam. //SSRG-IJME №2, 2015г., DOI: 10.14445/23488360/IJME-V2I12P102.

Зеленский В.А., Капалин М.В. Зубчатый резонатор инерциального микромеханического датчика. Патент РФ на полезную модель № 193215 от 16.10.2019.

УДК 621.38

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ПОЛЕТНОГО КОНТРОЛЛЕРА

В.А. Зеленский, А.О. Шеверева

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Для малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) актуальна задача минимизации массо-габаритных показателей электронных блоков. Однако, при этом повышается плотность компоновки, что делает актуальным расчет тепловых режимов изделия. Анализ и моделирование тепловых режимов целесообразно выполнить на этапе проектирования [1].

Для автоматизации подобного анализа в настоящее время существует множество программных решений. В работе использован анализ тепловых