

Абалымов Е. А.

студент

2 курс, факультет «Инжиниринг и менеджмент качества»

БГТУ «ВОЕНМЕХ»

Россия, г. Санкт-Петербург

НАХОЖДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ В ПРОГРАММЕ КОММПАС-3D

Аннотация: Вибрационные плотномеры являются ключевыми приборами для измерения плотности жидкостей и газов в реальном времени, обеспечивая высокую точность и надежность в промышленных условиях. Их применение особенно востребовано в нефтехимической, пищевой, фармацевтической и других отраслях, где контроль параметров среды критически важен для качества продукции. В условиях необходимости импортозамещения развитие отечественных вибрационных плотномеров становится стратегически важной задачей.

В статье рассматриваются принципы работы вибрационных плотномеров, основанные на анализе собственных частот колебаний чувствительного элемента, а также методы их проектирования с использованием конечно-элементного моделирования в среде КОМПАС-3D АРМ FEM..

Ключевые слова: камертон, собственная частота, Коммпас-3D, АРМ FEM, резонанс, метода конечных элементов.

Annotation: Vibration densitometers are key instruments for real-time measurement of liquid and gas density, providing high accuracy and reliability in industrial applications. Their use is particularly critical in petrochemical, food, pharmaceutical, and other industries where monitoring of medium parameters is essential for product quality. Given the current need for import substitution, the development of domestic vibration densitometers has become a strategically important task.

The article examines the operating principles of vibration densitometers based on the analysis of the natural frequencies of the sensing element, as well as design methods using finite element modeling in the KOMPAS-3D APM FEM environment.

Keywords: tuning fork, natural frequency, KOMPAS-3D, APM FEM, resonance, finite element method.

Собственная частота - это частота, на которой механическая система способна совершать свободные колебания при отсутствии внешних воздействий, при этом амплитуда колебаний определяется начальными условиями. Она является важным параметром, влияющим на поведение конструкции при динамических нагрузках. Если частота внешнего воздействия совпадает с собственной частотой системы, происходит явление резонанса. Это сопровождается резким увеличением амплитуды колебаний, что может привести к нежелательным последствиям: снижению точности, механическим повреждениям и сокращению срока службы устройства.

Результаты модального анализа дают возможность улучшить конструкцию прибора. Если собственные частоты измерительного элемента слишком близки к рабочим или внешним частотам, инженеры могут внести изменения в конструкцию. Например, изменить геометрию элемента, увеличить его жесткость или подобрать материал с подходящими характеристиками. В некоторых случаях возможно изменение частоты возбуждающего сигнала, чтобы отодвинуть его от резонансной зоны.

Таким образом, учет собственной частоты позволяет гарантировать высокую точность, надежность и долговечность вибрационных плотномеров. Это особенно важно для приборов, работающих в условиях вибраций или других динамических нагрузок, где риск резонанса может существенно повлиять на их эксплуатационные характеристики.

Система APM FEM является мощным инструментом, встроенным в программный комплекс КОМПАС-3D, для выполнения конечно-элементного анализа (КЭА) трехмерных моделей деталей и сборок. Она позволяет проводить подготовку и исследование моделей прямо в КОМПАС-3D, объединяя средства проектирования и анализа в единой среде.

Подготовка геометрической 3D-модели, а также задание характеристик материала выполняются средствами самого КОМПАС-3D. После этого с помощью APM FEM можно прикладывать различные типы нагрузок, задавать граничные условия, автоматически генерировать конечно-элементную сетку и выполнять необходимые расчеты. Процесс построения конечных элементов автоматизирован, что упрощает работу с системой даже для пользователей без глубоких знаний в области конечно-элементного моделирования.

Таким образом, система APM FEM представляет собой удобный инструмент для интегрированного анализа деталей и сборок в КОМПАС-3D. Благодаря автоматизации многих процессов и расширяемым возможностям, она подходит как для быстрого экспресс-анализа, так и для более глубоких исследований в инженерных проектах.

Была разработана 3D-модель камертона в Компас-3D. Все размеры и параметры конструкции, указанные в чертеже, были перенесены в программу для создания точной модели (рисунок 1). В процессе моделирования была учтена геометрия элементов, такие как длина и толщина, а также физические характеристики материала.

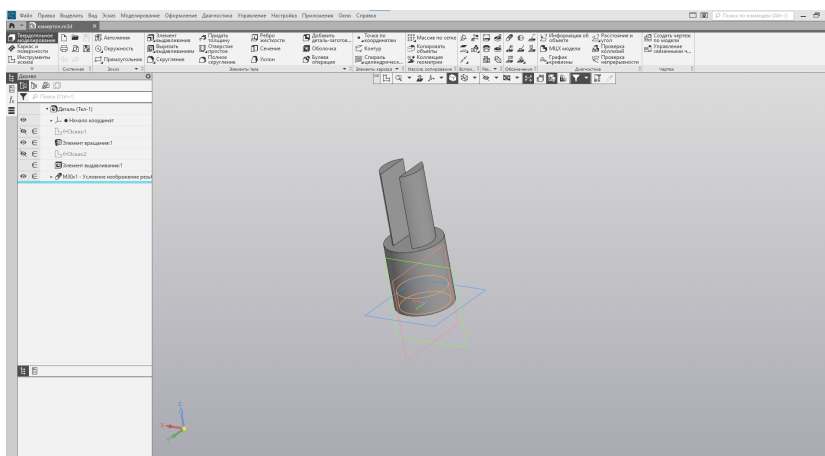


Рисунок 1 – 3d модель камертона.

Исходя из 3D-модели камертона, процесс нахождения собственных частот с использованием метода конечных элементов (МКЭ) в ARM FEM (рисунок 2) начинается с разбиения модели на отдельные конечные элементы. Для каждого из них рассчитываются его физические характеристики, что позволяет точно смоделировать поведение всей конструкции.

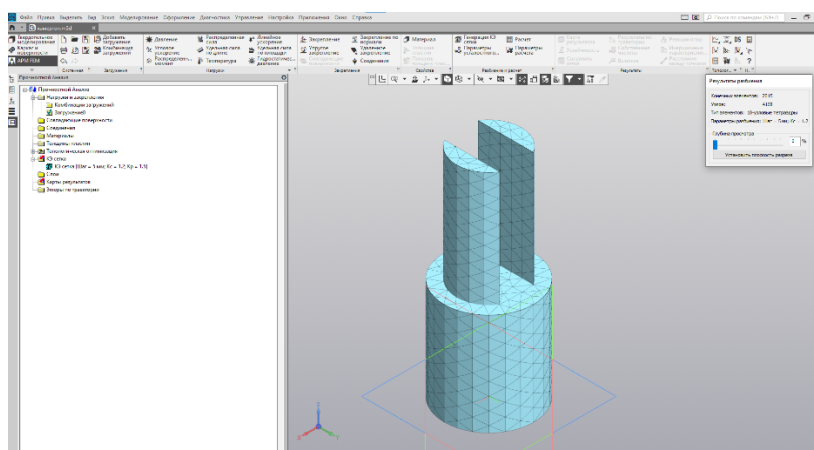


Рисунок 2 – Построение сетки в ARM FEM.

Затем выполняется расчет собственных частот, которые определяются как естественные резонансные частоты колебаний конструкции (рисунок 3). Эти частоты будут изменяться в зависимости от среды, в которой находится камертон, поскольку плотность и вязкость жидкостей или газов влияют на

колебания. Измерение изменений собственных частот позволяет точно определить плотность исследуемой среды и использовать эти данные для настройки устройства под различные жидкости и газы.

N	Собственные частоты			Модальные массы [м.м.] и суммы модальных масс [с.м.м.] по направлениям					
	[рад/с]	[Гц]	[с]	м.м. X [%]	с.м.м. X [%]	м.м. Y [%]	с.м.м. Y [%]	м.м. Z [%]	с.м.м. Z [%]
1	12367	1968.26	0.000508...	22.1	22.1	1.53e-07	1.53e-07	1.67e-06	1.67e-06
2	12533.5	1994.77	0.00050131	0.00839	22.1	2.22e-07	3.75e-07	0.00476	0.00477
3	26305.4	4186.64	0.000238...	1.24e-10	22.1	41.4	41.4	9.98e-09	0.00477
4	33369.8	5310.98	0.000188...	4.67e-07	22.1	3.72e-06	41.4	1.3e-08	0.00477
5	50063	7967.77	0.000125...	45.8	67.9	1.67e-06	41.4	2.66e-08	0.00477
6	58793.9	9357.34	0.000106...	8.55e-06	67.9	0.000134	41.4	1.84e-05	0.00478
7	59395.2	9453.03	0.000105...	0.000143	67.9	0.558	42	2.91e-07	0.00479
8	65202.4	10377.3	9.63643e...	1.23e-05	67.9	35.1	77.1	1.01e-06	0.00479
9	72403.3	11523.3	8.67804e...	1.05e-05	67.9	1.68e-05	77.1	0.754	0.758
10	86876.1	13826.8	7.23235e...	8.63	76.5	2.88e-06	77.1	6.89e-06	0.758

Рисунок 3 – Собственные частоты камертона.

Использованные источники:

1. АРМ FEM [сайт] URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/arm/> (Дата обращения 20.04.2025).
2. Н.И.ЛАВРОВИЧ. Собственные частоты колебания стержней // ОМСКИЙ НАУЧНЫЙ ИСТОЧНИК – 2000 г.