

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УПРУГОЙ КОНСТРУКЦИИ, ЧАСТИЧНО ЗАПОЛНЕННОЙ ЖИДКОСТЬЮ, В КАЧЕСТВЕ МНОГОЧАСТОТНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ГАСИТЕЛЯ КОЛЕБАНИЙ (МДГК)

Макаров С.Б. к.т.н., ст.н.с.¹⁾, Панкова Н.В. к.ф.-м.н., вед.н.с.¹⁾, Перминов М.Д. д.т.н., гл.н.с.¹⁾, Тропкин С.Н. к.т.н., асс.каф.²⁾

1) ФГБУН Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва,
2) ФГБОУ Уфимский государственный нефтяной технический университет

Продолжено исследование эффекта многочастотного динамического гашения колебаний. В качестве гасителя рассмотрена упругая емкость, частично заполненная жидкостью. Выбор модели обусловлен желанием исследовать гаситель, имеющий как можно большую плотность резонансных частот.

Динамическое гашение колебаний является одним из эффективных и широко распространенных инженерных методов снижения уровня вибраций в практических задачах [1,2].

Многолетний опыт исследований авторов в области структурно-сложных систем в наукоемких областях машиностроения (автомобилестроение, судостроение, космонавтика) привел к идее использования в работе многочастотных динамических гасителей колебаний, имеющих значительное количество собственных резонансов и соответственно позволяющих снизить пиковые уровни колебаний защищаемого объекта в достаточно широком частотном диапазоне.

Основными инженерными требованиями к таким гасителям являются:

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ: чтобы гаситель смог воспринять как можно больше энергии от экстремальных воздействий природного и/или техногенного происхождения – от землетрясений, катастроф, и т.п.;

ВЫСОКАЯ ПЛОТНОСТЬ СПЕКТРА СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ (резонансов), что облегчит восприятие гасителем механической энергии колебаний;

ПРОСТОТА НАСТРОЙКИ, т.е. возможность существенно влиять на спектр собственных частот и форм МДГК изменением его легкодоступных параметров. В частности, настройку резонансов МДГК в виде упругой конструкции с жидкостью достаточно просто осуществить изменением плотности материалов сосуда и жидкости, а также уровнем жидкости в сосуде.

НЕВЫСОКАЯ СТОИМОСТЬ гасителя относительно защищаемого объекта, что является немаловажным условием практического выбора схемы виброзащиты объекта.

В настоящей работе расчетным путем проанализирована возможность использовать в качестве МДГК упругий цилиндрический сосуд, частично заполненный жидкостью.

Расчетная модель, изображенная на рис. 1, представляет собой цилиндрический сосуд из полипропилена, открытый с одного торца, диаметром 4м, высотой 4м и толщиной стенки 10см. Жидкость - вода, заполняющая сосуд наполовину. Расчетные узлы наружной поверхности дна сосуда были заземлены.

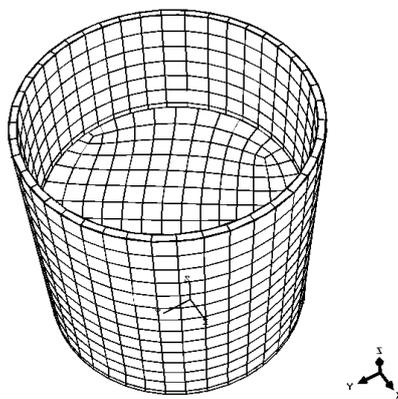


Рис. 1

Численное моделирование проводилось с помощью комплекса ABAQUS.

На рис. 2 и рис. 3 представлены характерные собственные формы колебаний упругого сосуда с жидкостью, характеризующиеся наличием деформаций как жидкости, так и стенок сосуда.

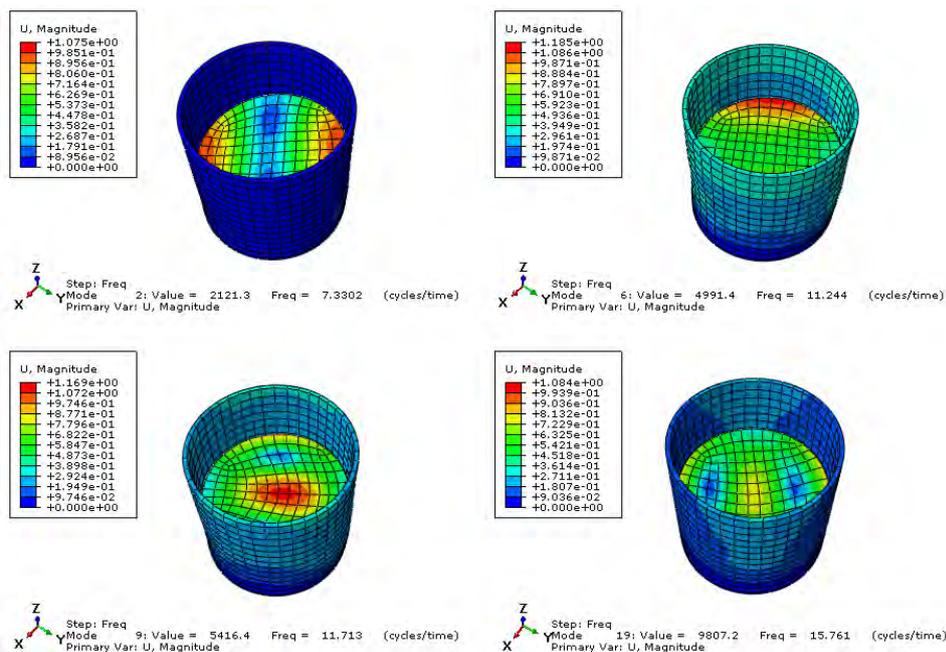


Рис. 2

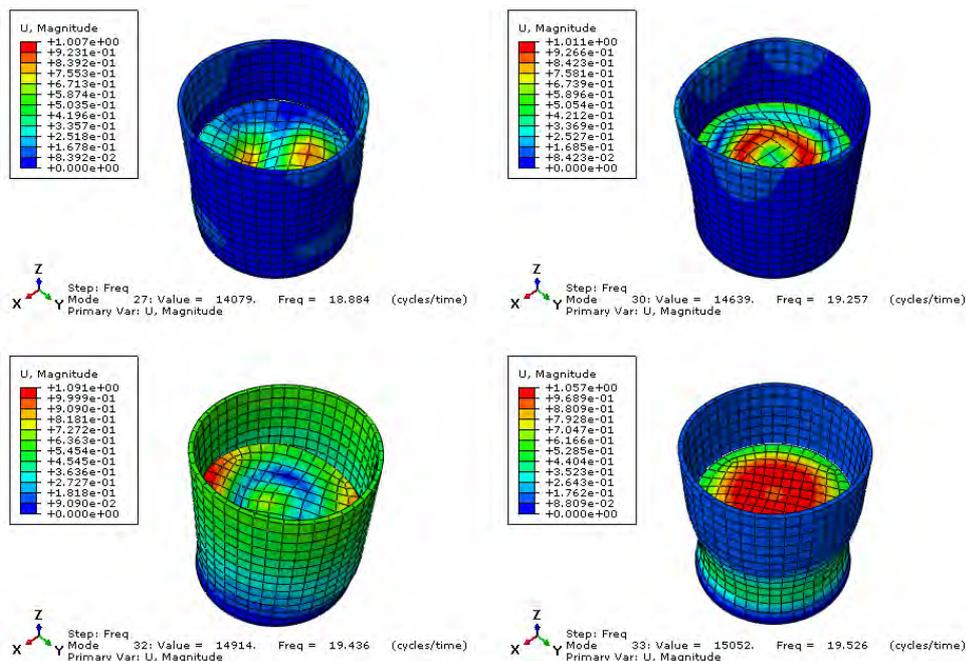


Рис. 3

Жидкость и сосуд моделировались 3-х мерными конечными элементами типа C3D8IH – линейными 8-ми узловыми гексаэдрами.

Согласно рекомендациям документации комплекса ABAQUS по иллюстрационным задачам (*Abaqus Example Problems Manual*), жидкость моделировалась изотропным упругим материалом с коэффициентом Пуассона 0.49 и модулями упругости, определенными по скоростям распространения в нем продольной и поперечной волн.

Моделирование контактного взаимодействия жидкости с внутренней поверхностью сосуда было осуществлено средствами комплекса ABAQUS (General contact).

Был выполнен расчет собственных частот и форм колебаний описанной выше расчетной модели, показавший высокую плотность собственных тонов ее низкочастотных колебаний – в диапазоне от 0,5 до 31 Гц было вычислено 120 собственных частот.

Следует отметить значительный разброс величин эффективных масс, соответствующих указанным 120 собственным тонам, который достигал 5-6 порядков. Это указывало на то, что следует ожидать существенно различную виброактивность отклика разных собственных тонов МДГК на его внешнее возбуждение.

Это предположение оправдалось при расчете амплитудно-частотных характеристик расчетной модели при ее возбуждении пространственным белым шумом, приложенным к основанию дна сосуда. При расчете амплитудно-частотных характеристик величина модального демпфирования была принята равной 0,03.

На рис. 4 представлены амплитудно-частотные характеристики ускорения расчетных узлов модели, расположенных на верхнем срезе сосуда и внутри сосуда на уровне свободной поверхности жидкости.

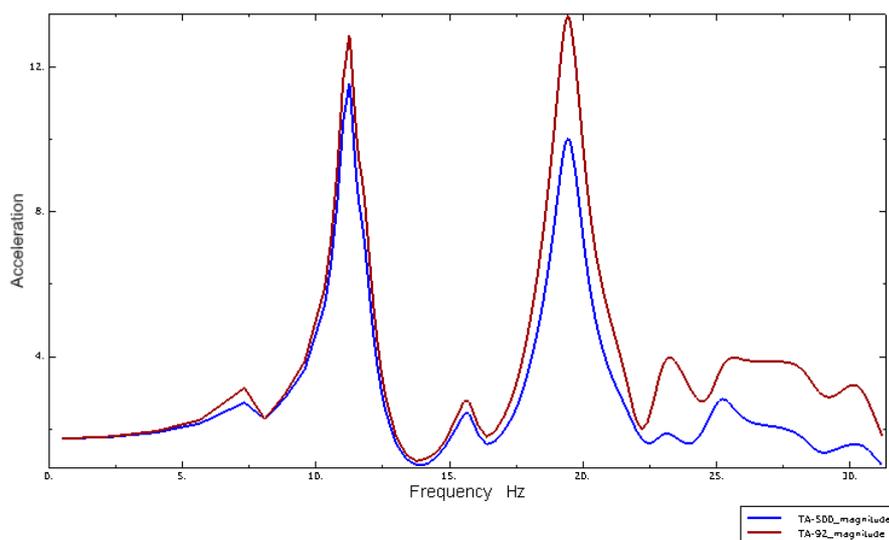


Рис.4

Видно, что в исследованном диапазоне частот амплитудно-частотные характеристики характерных точек конструкции имеют всего несколько явно выраженных пиков, несмотря на то, что конструкция МДГК имеет в этом частотном диапазоне 120 собственных частот.

Как это проявится при гашении колебаний таким МДГК, рассмотрено в следующей статье авторов, где рассмотрена МОДЕЛЬНАЯ ЗАДАЧА О ЗАЩИТЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ МДГК.

ВЫВОДЫ

Решена задача о собственных частотах колебания жидкости в упругом сосуде. Выявлены собственные формы колебаний в диапазоне 0.5-30гц. Построены амплитудно-частотные характеристики ускорений такой системы, позволяющие оценивать усилия, которые будут действовать в исследуемой системе, и применять их в прочностных исследованиях.

Приведенные в статье результаты показывают, что реализованный в комплексе ABAQUS алгоритм решения контактных задач (General Contact) позволяет методом конечных элементов решать задачи о колебаниях упругих конструкций с жидкостью с полным учетом ее упруго-инерционных и демпфирующих свойств. Это расширяет возможности анализа в различных традиционных технических приложениях (например, колебания топлива в баках летальных аппаратов, виброзащита промышленных резервуаров с жидкими продуктами, и др.).

Литература

1. Коренев Б.Г., Резников Л.М. Динамические гасители колебаний, теория и технические приложения. - М., Наука, 1988г., 304с.
2. Макаров С.Б., Панкова Н.В., Перминов М.Д. О МОДАЛЬНОМ ПОДХОДЕ К ВИБРОЗАЩИТЕ СООРУЖЕНИЙ, Проблемы машиностроения и автоматизации, №3, 2013г., с. 132-135.