

Рис. 1.

а – последовательность биполярных импульсов; б – межсимвольная интерференция при сглаживании фронта импульса

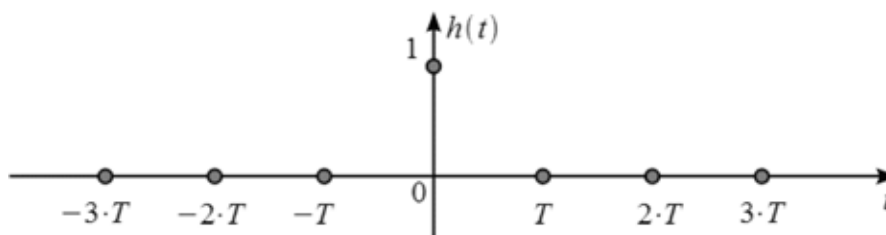


Рис. 2. Условия импульсной характеристики формирующего фильтра для исключения МСИ

Легко заметить, что имеет место влияния предыдущего импульса на следующий, а следующий также влияет на предыдущий. То есть следующий и предыдущий импульсы перекрываются во времени. В результате чего, импульсы искажаются. Решим эту проблему можно использованием формирующих фильтров. Наиболее интересным в реализации является формирующий фильтр Найквиста. на рис. 2 приведены условия импульсной характеристики формирующего фильтра для исключения МСИ.

Главным преимуществом использования фильтра Найквиста является возможность сужения полосы сигнала вплоть до теоретического предела 1 бит/с на 1 Гц полосы с полным подавлением боковых лепестков.

Однако чаще используют  $b=1,0$  со скоростью передачи 0.5 бит/с на 1 Гц полосы.[1] Это обусловлено главным образом тем, что при  $b=1,0$  получаем наибольшую помехоустойчивость при передаче данных, кроме того амплитудная огибающая меняется в меньших пределах, а значит, выходной усилитель может иметь меньший динамический диапазон и более высокий КПД.

#### Список литературы

1. Скляр Б. Цифровая связь. – М.: Изд-во «Вильямс», 2004.

#### МЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОРПУСА МИКРОСПУТНИКА

Смолянский В.А.

Томский политехнический университет, Томск,  
e-mail: vsmol@tpu.ru

Согласно проведенным исследованиям при проектировании микроспутника важной задачей является создание унифицированной конструкции платформы УКП. Основными силовыми элементами корпуса являются платформа с четырьмя стойками, рамы и ребра жесткости, выполненные в виде уголков. Платформа имеет монтажные отверстия по всему периметру, для облегчения веса конструкции, а также придания ей универсальности, т.е. создания и наращивания различных модулей полезной и служебной нагрузок. Корпус имеет геометрические размеры  $300 \times 300 \times 300$  мм. Все детали выполнены из конструкционного материала АБМ-3М. Масса корпуса составляет 2 килограмма.

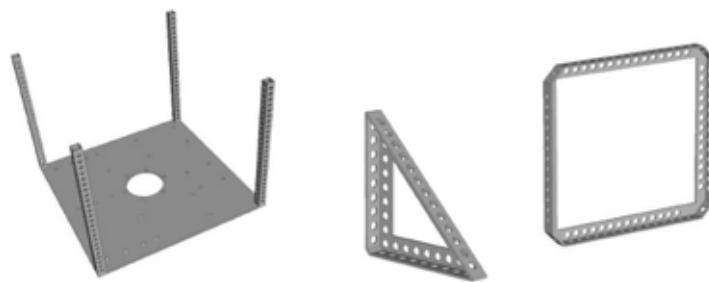


Рис. 1. Составные элементы корпуса

Необходимость в расчете собственных частот возникает при анализе динамического поведения конструкции под действием переменных нагрузок. Наиболее распространена ситуация, когда при проектировании требуется убедиться в малой вероятности возникновения в условиях эксплуатации такого механического явления, как резонанс. Известно, что резонансы наблюдаются на частотах, близких к частотам собственных колебаний конструкции [1].

Известно, что двигатель-маховик, установленные на борту УКП, работают в диапазоне частот 10-100 Гц, значит, нижние собственные частоты корпуса должны превышать верхнюю границу этого диапазона.

Для проведения проверочных расчетов в программном модуле T-FLEX Анализ необходима конечно-элементная модель (рис. 2).

После задания необходимых начальных условий, проводится определение значений собственных резонансных частот корпуса на рис. 3 представлены четыре формы колебаний конструкции корпуса.

На рисунке показаны наиболее нагруженные участки, которые подвержены негативному воздействию резонансных колебаний, а также указаны максимальные значения деформаций и нагружений в конструкции.

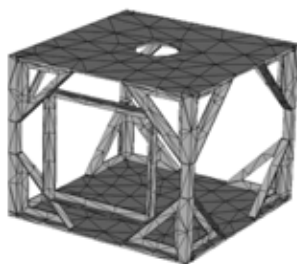


Рис. 2. Конечно-элементная модель корпуса

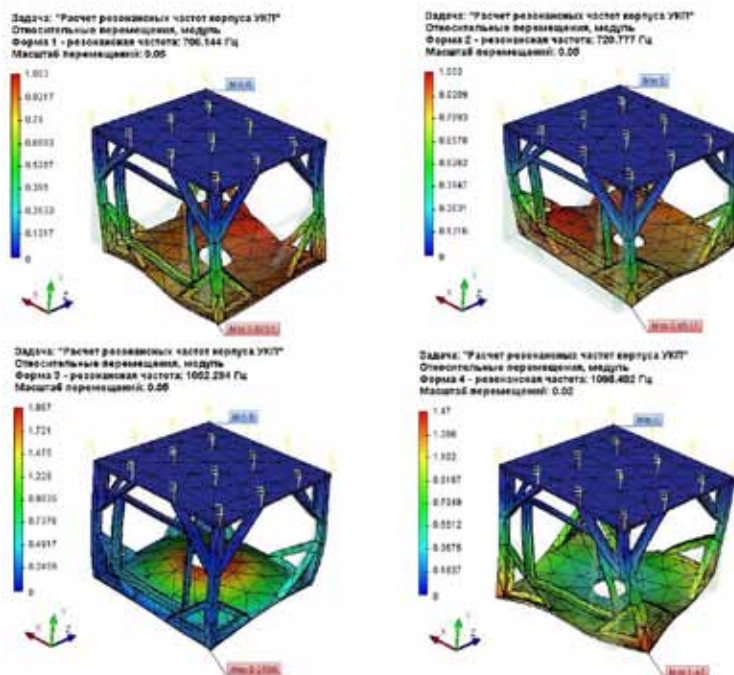


Рис. 3. Формы собственных колебаний корпуса

Таблица 1

Результаты собственных резонансных частот конструкции корпуса для каждой формы колебаний

Форма колебаний	Значение резонансной частоты, Гц
1	706,144
2	720,777
3	1052,294
4	1098,482

Полученные результаты частотного анализа показывают, что конструкция является работоспособной, с большим запасом по значениям частот вынужденных механических воздействий.

Квазистатическая нагрузка – это один из видов перегрузок, которые испытывает спутник при выводе на орбиту. Проверочный расчет также проводится с помощью программного модуля T-FLEX Анализ «Статический анализ».

Основная цель статического прочностного анализа конструкций заключается в оценке напряжённого состояния конструкции, находящейся под действием не изменяющихся во времени (статических) силовых воздействий. Условие прочности в общем случае формулируется следующим образом [1]:

Напряжения  $\sigma$ , возникающие в конструкции, под действием приложенных к ней внешних сил должны быть меньше допускаемых напряжений  $[\sigma]$  для данного конструкционного материала с учётом коэффициента запаса  $K_{\text{зап}}$  по прочности.

$$\sigma K_{\text{зап}} \leq [\sigma].$$

Для проведения статического анализа создается конечно-элементная модель в программном модуле T-FLEX Анализ, с заданием всех начальных условий: (рис. 4).

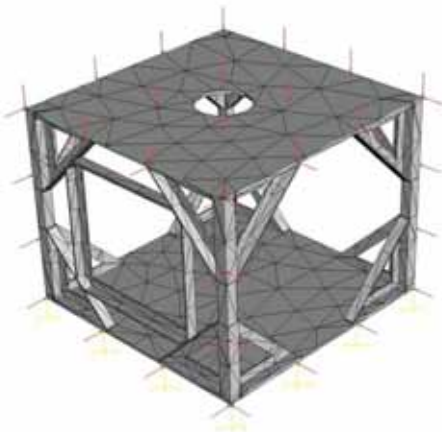


Рис. 4. Конечно-элементная модель микроспутника, с начальными условиями

Проектирование и испытания на воздействие квазистатических перегрузок проводится с учетом коэффициента безопасности, значение которого устанавливается нормативно-технической документацией на ракетно-космическую технику:

- при наземной эксплуатации – 2,0;
- при старте на участке движения в ТПК – 1,5;
- при старте после выхода из ТПК – 1,3;
- в полете – 1,3

Корпус микроспутника должен сохранять работоспособность после воздействия перегрузок: на Земле

во время транспортировки, а также на участке вывода на рабочую орбиту и при отделении от носителя.

Величины нагрузок перекрываются величинами полетных нагрузок. В табл. 2 представлены значения полетных перегрузок.

Таблица 2

Величины полетных перегрузок

Случай эксплуатации	Перегрузка, g	
	Продольная (X)	Поперечная (Y, Z)
Старт	3,6±0,7	±2,5
Полет 1 ступени	8,6±0,5	-0,5±1,0
Полет 2 ступени	7,8±0,5	±0,8
Полет 3 ступени	-0,5±3,4	±0,7

Действующие перегрузки:

- поперечные перегрузки могут действовать в любом направлении одновременно с осевыми перегрузками;
- гравитационные перегрузки учтены;
- динамические перегрузки учтены;
- длительность воздействия: 700 секунд.

Исходя из этого, корпус проверяется на воздействие квазистатических перегрузок.

$$F_{\text{изм}} = gmk,$$

где  $F_i$  – сила, действующая по осям нагружения, Н;  $g$  – величина перегрузки, м/с<sup>2</sup>;  $m$  – масса проверяемого объекта, кг;  $k_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса (2,0).

Полученные перегрузки прикладываются в виде усилий по всем трем осям к конечно-элементной модели как показано на рисунке 4. Наибольшие перегрузки действуют при работе первой ступени ракеты-носителя. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты статического анализа первой ступени полета

Исследуемый параметр	Значение	
	Минимум	Максимум
Перемещения, модуль, м	0	1,797·10 <sup>-5</sup>
Деформации эквивалентные, м	1,172·10 <sup>-11</sup>	1,307·10 <sup>-6</sup>
Напряжения эквивалентные, Н/м <sup>2</sup>	1,091·10 <sup>6</sup>	2,639·10 <sup>5</sup>
К-т запаса по эквивалентным напряжениям	320,7	1326

Результаты анализов говорят о том, что эквивалентные деформации при воздействии нагрузки на корпус микроспутника составляют 1,307·10<sup>-6</sup> метра, т.е. 1,3 микрона. Такая величина не способна вызвать существенные проблемы при эксплуатации корпуса, и никак не повлияет на его полноценную работу.

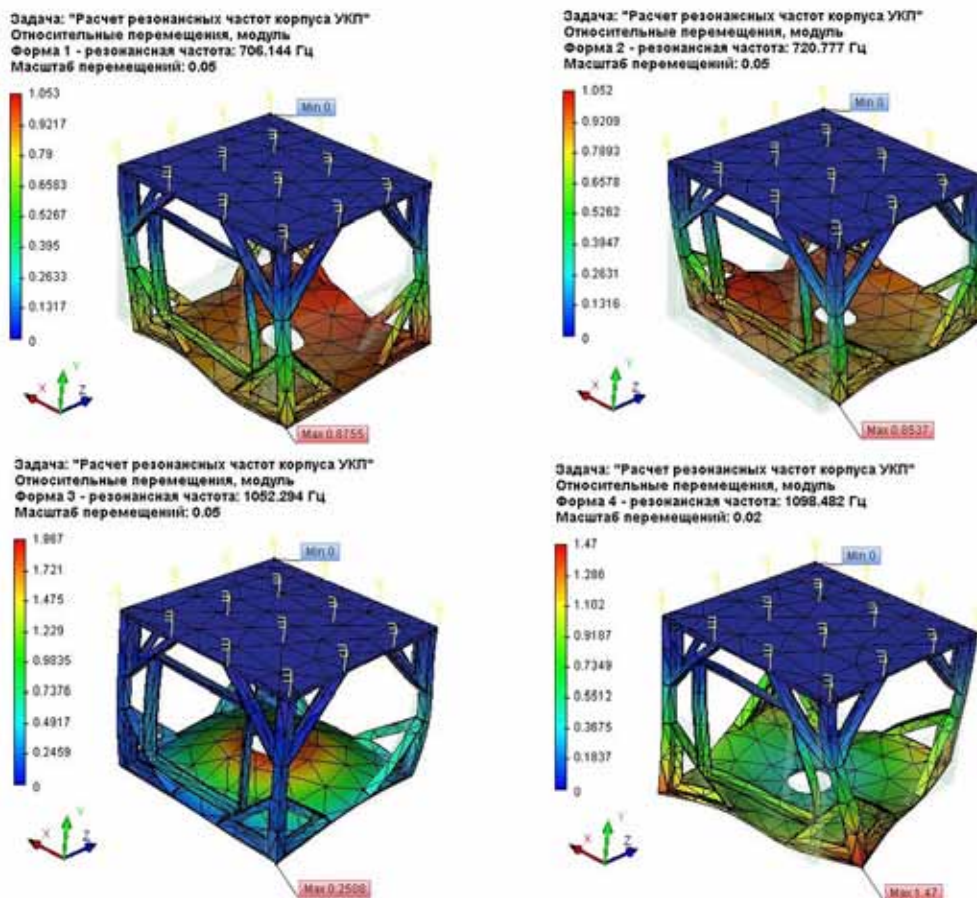


Рис. 5. Результаты статического анализа корпуса

Максимальное значение эквивалентных напряжений составляет  $2,639 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>, с учетом коэффициента запаса эта величина будет вдвое больше, но все равно не превысит допустимые напряжения для конструкционного материала АБМ-3М ( $5400 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>).

Коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям показывает, что существует большой запас прочности для спроектированной конструкции корпуса ( $k_{san} = 1326$ ).

Результаты деформации модели по четырем параметрам представлены на рис. 5.

**Список литературы**

1. Костюченко Т.Г. САПР в приборостроении: учебное пособие. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.-207 с.
2. T-FLEX анализ. Пособие по работе с системой. – М., 2011.

**АНАЛИЗ РАБОТЫ КЕРАМИЧЕСКИХ ДИСКОВЫХ ВАКУУМ ФИЛЬТРОВ**

Стовпенко А.С., Нарижных В.Ю., Лозовая С.Ю.

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород,  
e-mail: Stovpenkoartyom@gmail.com*

Ранее и в настоящее время обогатительные фабрики использовали для фильтрации и очистки воды от концентрата использовали дисковые вакуум фильтры

типа ДОО, в которых использовались диски обернутые в фильтроткань.

Дисковые вакуум фильтры (рис. 1,а) предназначены для разделения суспензий с относительно однородным составом и медленно осаждающимися частицами твердой фазы [1]. Эти фильтры (рис. 1,а) обладают развитой фильтрующей поверхностью и состоят из горизонтально расположенного вала, на котором закреплены диски 1, частично погруженные в ванну 2 с разделяемой суспензией. Каждый диск состоит из обтянутых фильтровальной тканью полых секторов, имеющих с обеих сторон перфорированную поверхность. Цикл работы сектора диска состоит из: зона фильтрации: при вращении рабочего вала фильтрующий элемент погружается в суспензию. Под воздействием вакуума и капиллярного эффекта керамической лопатки на её поверхности образуется отфильтрованный осадок. Фильтрат через керамическую лопатку, коллекторную систему и вакуумметрическую систему поступает в дренажную ёмкость; зона промывки осадка: фильтрующий элемент с отфильтрованным осадком выходит из суспензии и промывается распылением технологической жидкостью посредством форсунок; зона сушки осадка: дальнейшее непрерывное обезвоживание фильтровального осадка проводится под действием высокого вакуумного разряжения; зона выгрузки осадка: скребок снимает под-