

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАЗМЕЩЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С УЧЕТОМ ВИБРАЦИОННОГО НАГРУЖЕНИЯ

Рассматриваются аспекты обоснования возможности запуска малогабаритных космических аппаратов при попутных (сопутствующих) научных экспериментах на борту базовых проблемно-ориентировочных космических аппаратов или в переходном отсеке последней ступени ракеты-носителя. Предложен алгоритм оценки размещения малогабаритного космического аппарата с учётом вибрационного нагружения на участке старта и выведения. Установка МКА на базовом летательном аппарате (ракета-носитель или космический аппарат) может снизить уровень вибрационного нагружения элементов конструкции.

Как отмечалось выше, большое распространение получило решение задач по проведению научных исследований в космосе с помощью малогабаритных космических аппаратов (МКА). Последние могут доставляться на рабочие орбиты в виде присоединенной массы, совместно со значительно большими по массе (в сотни, тысячи раз и более) основными проблемно-ориентированными КА, выводимыми ракетой-носителем. Такие МКА размещаются в свободных объёмах внутри переходных отсеков (ПХО) последних ступеней РН или на поверхности КА.

При отработке российской ракетой-носителем активного участка в условиях старта и при действии пульсаций акустического давления в зоне $M_{кр}$ и q_{max} при помощи замеров был зафиксирован высокий уровень акустического давления на поверхности бортового оборудования, расположенных в местах переходного (ПХО) и межбакового отсеков (МБО) III – й ступени ракеты-носителя типа «Союз».

Для выполнения исследования возможности размещения присоединённой массы в виде малогабаритного космического аппарата была проведена оценка изменения акустического нагружения в случае отстройки от режима резонанса путем рационального выбора присоединённой массы колеблющейся системы.

Расчеты производились в МКЭ- пакете MSC. PATRAN/ NASTRAN и сравнивались с экспериментальными данными, полученными с датчиков, установленных на РН-прототипе.

Измерение уровня акустического давления производилось в шести точках снаружи по обшивке отсека на этапе выведения РН «Союз-2-3». Сведения о расположении

датчиков давления приведены в таблице 1 и на рисунке 1. Фактический диапазон измерений по частоте для всех акустических параметров – от 30 до 2000 Гц.

Таблица 1 – Перечень акустических параметров

Индекс параметра	Место установки
АИН2	Снаружи отсека в районе стыковочного шпангоута 1 (в зоне ~ 45° от пл. II к пл. III)
АИН3	Снаружи отсека на расстоянии 600 мм от стыка с юбкой бака «Г» (в зоне ~ 45° от пл. II к пл. III)
АИН4	Снаружи отсека на расстоянии 600 мм от стыка с юбкой бака «Г» (по пл. III)
АИН5	Снаружи отсека на расстоянии 600 мм от стыка с юбкой бака «Г» (в зоне ~ 45° от пл. III к пл. IV)
АИН6	Снаружи отсека на расстоянии 600 мм от стыка с юбкой бака «Г» (в зоне ~ 45° от пл. IV к пл. I)
АИН8	Снаружи отсека на расстоянии 600 мм от стыка с юбкой бака «Г» (по пл. II)

С помощью показаний указанных выше датчиков была установлена зависимость акустического давления от времени в диапазоне от минус 10 до 130 секунды с частотой 8000 измерений в секунду (отсчет времени проводится с момента старта).

Исходя из объема имеющихся экспериментальных данных по нагрузке, при моделировании акустического воздействия для каждого момента времени были приняты следующие допущения:

- в окружном направлении в плоскости поперечного сечения, в которой расположены пять датчиков АИН3...АИН6, АИН8, используется линейная интерполяция давления по значениям, полученным в этих датчиках (рисунок 3.2);
- в осевом направлении между двумя плоскостями – плоскостью расположения датчиков АИН3...АИН6, АИН8 и плоскостью стыковочного шпангоута 1 (где расположен датчик

АИН2) – давление изменяется по линейному закону с наклоном, определяемым по показаниям датчиков АИН2 и АИН3 (рисунок 3);

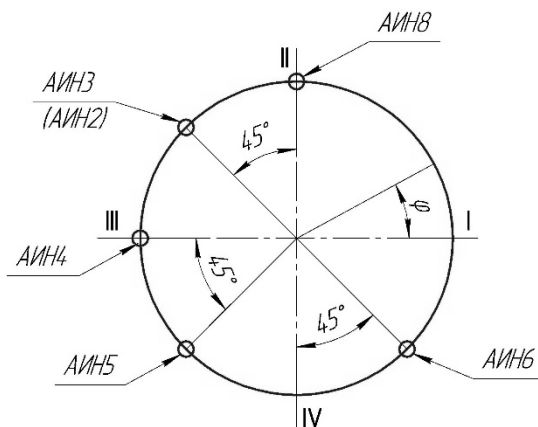


Рисунок 1 – Схема расположения датчиков акустического давления

- на участке обшивки выше плоскости расположения датчиков АИН3...АИН6, АИН8 давление считается постоянным в осевом направлении, а в окружном – соответствует показаниям датчиков АИН3...АИН6, АИН8;

- на участке обшивки ниже плоскости стыковочного шпангоута 1, уровень давления считается постоянным в осевом направлении, а в окружном – соответствует уровню давления, определенному в плоскости стыковочного шпангоута 1 [1].

Акустическое давление, действующее на отсек, изменяется как по наружной поверхности обшивки, так и во времени. Следует отметить, что в системе MSC Patran для задания изменения нагрузок используются поля (Fields).

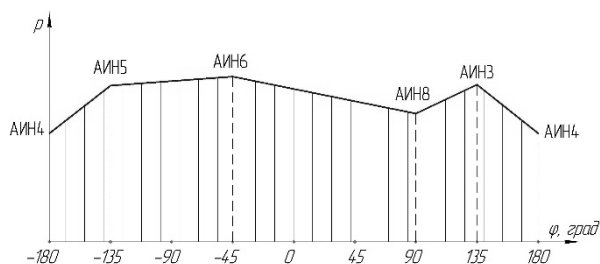


Рисунок 2 – Линейная аппроксимация давления в окружном направлении

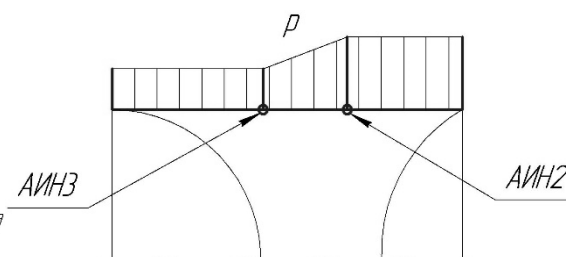


Рисунок 3 – Аппроксимация давления в осевом направлении

Они позволяют определять зависимость нагрузки либо от пространственных координат (пространственные поля – Spatial fields), либо от времени (непространственные поля – Non-spatial fields). Поэтому вся наружная поверхность отсека была разделена на 96 отдельных участков (16 делений в окружном и шесть в осевом направлении), в пределах которых акустическое давление в каждый момент времени принимается постоянным (рисунки 3 и 4) [3,4].

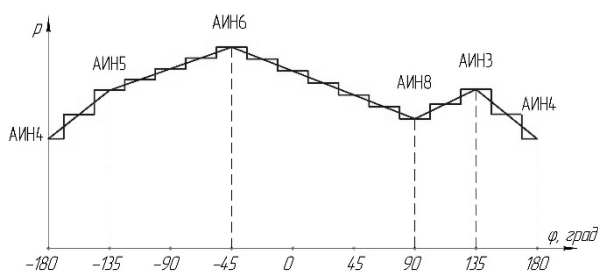


Рисунок 4 – Изменение давления в окружном направлении

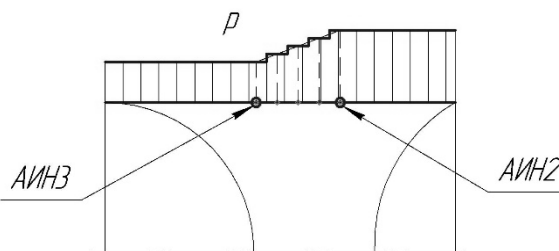


Рисунок – 5 Изменение давления в осевом направлении

Для каждого из участков создана отдельная зависимость акустического давления от времени (поле Non-spatial).

Следует отметить, что ввиду большой трудоёмкости расчет производился не для всего диапазона времени натурных испытаний, а только для участка от 55 до 65 секунды. В указанный промежуток времени зафиксированы наибольший уровень акустического давления (55-59 секунды) и максимальные значения величины амплитуды ускорений (60-65 секунды). При этом в интервале от 55 до 60 секунд размер шага по времени принимался равным 0,0003125 секунды, а в интервале 60-65 секунд – 0,00025 секунды.

Поскольку в пакете MSC.Patran/Nastran отсутствует возможность рестарта при выполнении динамического анализа, поэтому размер шага по времени выбирался исходя из доступных вычислительных ресурсов.

Библиографический список

1. Шулепов А.И. Размещение малого космического аппарата с учетом вибрационного нагружения/ Сарокваша П.Ю., Тарасов Ю.Л., Шулепов А.И., Глушков С.В., Двойные технологии, 2009 г., №2 (47), С. 56-60.
2. Рычков, С.П. MSC. Visual NASTRAN для Windows/ С.П. Рычков, М: ИТ Пресс, 2004. – 552 с.
3. Шимкович, Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows / Д.Г. Шимкович, М.: ДМК Пресс, 2001. – 448 с.