

О температурных напряжениях в деталях гидроакустических антенн

О.М. Богуш, Э.М. Пикалев

Факультет высоких технологий ЮФУ

Ростов-на-Дону, Россия, e-mail: piezo@inbox.ru

В работе рассматриваются температурные напряжения в деталях гидроакустических антенн, которые возникают в элементах конструкции при их изготовлении и испытаниях и могут приводить к разрушению изделия.

Антенна представляет собой пакет, содержащий пьезоэлемент из керамики ЦТБС-3, размещенный между двумя прокладками из стали, плюс дополнительно протектор из алюминия. Причем сборка пакета происходит с помощью клея с температурой полимеризации 65°C . Антенны должны выдерживать испытание на транспортирование при температурах $\pm 50^{\circ}\text{C}$.

Нами было проведено исследование температурных напряжений в деталях антенны с помощью математического моделирования методом конечных элементов (МКЭ) и программного пакета ANSYS [1].

Геометрическая модель антенны показана на рис.1. Материалы слоев сверху вниз – алюминиевый сплав Д16, сталь 35, пьезокерамика ЦТБС-3, сталь 35. Считаем антенну механически свободной от внешних сил и не закрепленной.

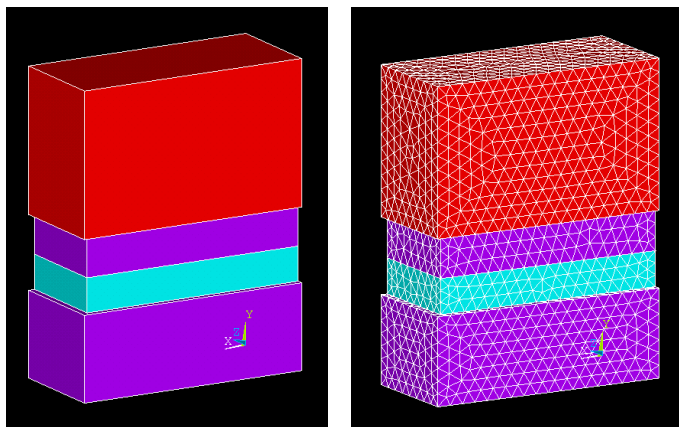


Рис. 1. Геометрическая и конечноэлементная модели антенны

Температура сборки антенны принимается равной 65°C , поскольку детали соединяются между собой с помощью клея при этой температуре. При более низких температурах возникают термические напряжения.

Целью последующих расчетов была оценка действующих температурных напряжений в элементах конструкции антенны и сравнение их с пределами прочности соответствующих материалов.

Прочность металлов определяется интенсивностью механических напряжений S_{int} . Прочность керамических материалов определяется главными значениями напряжений: наибольшим по абсолютной величине сжимающим и наибольшим растягивающим напряжениями [1].

Расчеты показали, что наибольшая интенсивность напряжений в деталях из металлов достигается в слое стали на границе с алюминиевым сплавом, в углу. При $T = -50^{\circ}\text{C}$ максимальное значение $S_{\text{int}} = 381$ МПа, что лежит в допустимых пределах для металлов.

Главное значение планарной компоненты напряжений в керамике S_1 при $T = -50^{\circ}\text{C}$ содержит максимальное растягивающее напряжение $S_{1_{\text{max}}} = S^+ = 181$ МПа на вертикальном ребре пьезокерамического слоя. Последнее значение почти на порядок превышает предел прочности керамики на растяжение (21.6 МПа).

Далее аналогичным путем исследовались модели антенны, в которых варьировались различные конструктивные и технологические параметры:

а) введены два слоя из титанового сплава ВТ1-0 с двух сторон пьезокерамического слоя, который имеет промежуточные значения КЛТР между пьезокерамикой и сталью;

б) скруглены ребра пьезокерамического слоя, где наблюдается концентрация механических напряжений;

в) введены разрезы в слое алюминиевого сплава (протектора);

г) исследовано влияние тонких клеевых прослоек между деталями.

Расчеты показали, что конструктивные приемы, указанные в п.п. а) –в) не приводят к существенному снижению температурных напряжений в пьезокерамике.

При учете влияния клеевой прослойки напряжения S^+ примерно линейно снижаются с ростом толщины клея, причем это снижение более значительно для растягивающих напряжений S^+ , рис.2. При толщине клея 100 мкм растягивающие напряжения в керамике снижаются почти вдвое. Однако, этого еще не достаточно для обеспечения прочности конструкции при температуре минус 50°C.

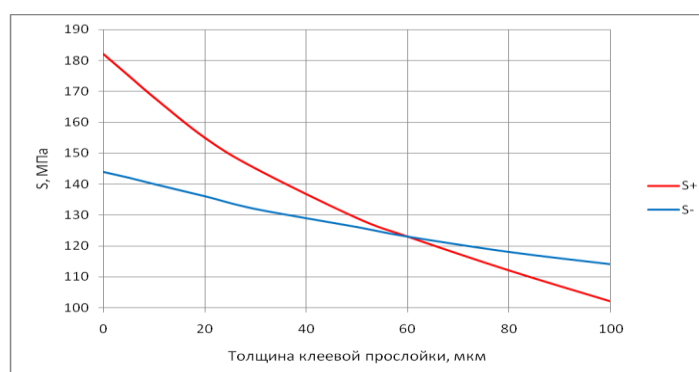


Рис. 4. Снижение максимальных растягивающих (S^+) и сжимающих (S^-) напряжений в керамике за счет клеевых прослоек

Другая возможность уменьшения температурных напряжений – снижение температуры сборки антенны (полимеризации клея) на 20-30°C [1]. Именно столько не хватало базовой конструкции антенны для соответствия транспортным испытаниям при минус 50°C.

В результате выполненных расчетов были сформулированы предложения по повышению технологичности и надежности гидроакустических антенн в процессе производства и эксплуатации, которые подтвердились на практике.

Литература

1. Пьезоэлектрическое приборостроение: сборник в 3 томах Т.З.Богуш М.В. Пьезоэлектрические датчики для экстремальных условий эксплуатации. Ростов-на-Дону. Издательство СКНЦ ВШ, 2006, 346 с: ил.