

Д. И. Вельмискин, к.т.н.

Одесский государственный экологический университет

РАСЧЕТ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕМБРАН КАРКАСНОГО УКРЫТИЯ В НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ

Предлагается методика расчета напряженно – деформированного состояния диэлектрических мембран каркасного укрытия.

Ключевые слова: *укрытие, диэлектрические мембраны, напряженно – деформированное состояние.*

Введение. В метеорологических локаторах используют, как правило, обтекатели (укрытия) сферической формы. Они состоят из отдельных фрагментов в виде "лимонных долек". Поэтому возникают серьезные проблемы при их транспортировке и сборке.

Известно [1], что современные метеорологические радиолокаторы работают на нескольких длинах радиоволн. Однако диэлектрические обтекатели являются узкополостными. Поэтому возникает проблема замены диэлектрических обтекателей на каркасные укрытия.

Для их замены необходимо решить несколько задач:

- произвести выбор материала стержней каркаса укрытия;
- рассчитать усилия на стержни каркаса;
- рассчитать напряжения стержня каркаса;
- определить параметры диэлектрических мембран (пластин) разной толщины и формы по максимально допустимым напряжениям.

Первые три задачи рассмотрены в [2]. Для полного конструктивного расчета каркасных укрытий необходимо решить четвертую актуальную задачу. Эта задача в работах [3 – 5] не рассмотрена.

Материалы и методы исследований. В статье рассматривается методика расчета параметров диэлектрических мембран каркасного укрытия.

Объектом исследования является система, состоящая из антенны, которая укрыта каркасным обтекателем.

Научная новизна статьи заключается в том, что в ней предложена методика расчета параметров диэлектрических мембран каркасного обтекателя.

Целью данной статьи является разработка методики расчета параметров диэлектрических мембран в форме круга и треугольника разной толщины.

Решение поставленной задачи будем проводить в следующем порядке.

Найдем вначале тангенциальное усилие на пластину треугольной и круглой формы.

Затем определяем напряжения в пластинах.

Далее получаем выражение для коэффициента запаса прочности пластинки.

На конечном этапе определяется необходимая толщина пластинок.

Расчет диэлектрических окон оболочки обтекателя определяется как их формой (круг, треугольник и др.), так и конструктивными особенностями (тонкая пластина, многослойная пластина и др.). Согласно определению [3], диэлектрические окна обтекателей со стандартными электрическими характеристиками относятся к тонким пластинам. Тангенциальное усилие в круглой пластинке, согласно [4, 6], находится по формуле:

$$N_{\tau_0} = 0,26\sqrt{q^2 r^2 E t}, \quad (1)$$

а в треугольной по формуле:

$$N_{\tau_{\Delta}} = 0,26\sqrt{\frac{(q)^2 A_p E t}{\pi}}, \quad (2)$$

где q – боковое давление ветра;

E – модуль упругости материала пластинки;

t – толщина пластинки;

A_p - площадь поперечного сечения стержня каркаса;

r - радиус круглой пластинки.

Напряжения в пластинках:

$$\sigma_0 = \frac{N_{\tau_0}}{t_0};$$

$$\sigma_{\Delta} = \frac{N_{\tau_{\Delta}}}{t_{\Delta}} \quad (3)$$

позволяют получить выражения для коэффициента запаса прочности пластинок:

$$n_0 = \frac{\sigma_{B_{PACT}}}{\sigma_{0M}};$$

$$n_{\Delta} = \frac{\sigma_{B_{PACT}}}{\sigma_{\Delta M}}, \quad (4)$$

где $\sigma_{B_{PACT}}$ - предел прочности материала пластинок.

Из (3), (4) выходит, что необходимая толщина пластинок определяется по формулам:

$$t_0 = \frac{N_{\tau_0}}{\sigma_{B_{PACT}}};$$

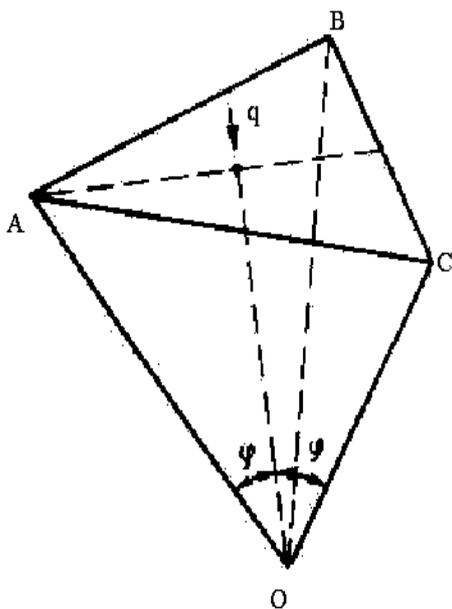
$$t_{\Delta} = \frac{N_{\tau_{\Delta}} n_{\Delta}}{\sigma_{B_{PACT}}} \quad (5)$$

Основные сведения по расчету армированных и многослойных пластинок изложены в [3]. Расчет крепления панелей к стержневой части обтекателя может быть выполнен по формулам (1), (2).

Пусть равносторонняя треугольная пластина находится под действием равномерно распределенного нормального давления q . Требуется найти ее необходимую толщину по максимально допустимому напряжению. Очевидно, что вследствие симметрии для решения этой задачи достаточно рассмотреть упругое равновесие одного стержневого треугольника совместно с покрывающей его пластиной, находящейся под действием внешнего давления q на поверхности пластины и под действием реакции, распределенной по сторонам треугольника. Будем считать, что пластина (в отличие от предыдущего случая) взаимодействует со стержневым треугольником вдоль всего его контура. Эта задача эквивалентна задаче об упругом равновесии равностороннего стержневого треугольника, покрытого пластиной и помещенного внутри гладкой абсолютно жесткой правильной треугольной пирамиды. Положим, что вершины треугольника отделены от вершины пирамиды на расстояние R и что пластина вместе со стержневым треугольником прижимается к вершине пирамиды силой давления q , равномерно распределенного по всей площади треугольника (рис. 1).

Так как поверхность пирамиды абсолютно гладкая, то силы ее реакции перпендикулярны граням пирамиды. Распределение реакции по периметру стержня подлежит определению в процессе решения задачи. Поскольку задача симметрична, то в результате деформации системы вершины треугольника, скользя по ребрам пирамиды, получают одинаковые смещения в направлении вершины пирамиды. При этом стержни будут находиться в состоянии осевого сжатия – изгиба в плоскостях, совпадающих с гранями пирамиды. Пластина также находится в напряженном состоянии, подвергаясь изгибу и сжатию в срединной плоскости.

Рассмотрим упрощенный вариант решения, считая, что стержни оказывают значительно большее сопротивление изгибу, чем пластина, и пренебрегая силами сжатия пластины в направлении ее срединной плоскости. При этих предположениях можно считать [6], что прогибы $W = W(x, y)$ в точках (x, y) срединной плоскости пластины удовлетворяют уравнению



$$\Delta \Delta W = q / D, \quad (6)$$

где $D = Et^2 / 12(1 - \nu^2)$;

E , t , ν – соответственно модуль Юнга, толщина и коэффициент Пуассона пластинки;

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ – оператор Лапласа.

Будем считать, что подлежащая определению функция прогибов W на контуре L треугольника ABC удовлетворяет условиям:

Рис. 1 - К расчету напряжений в треугольной диэлектрической мембране.

$$W = 0 \text{ на } L; \quad \frac{\partial W}{\partial n} = 0 \text{ на } L. \quad (7)$$

Здесь n – внешняя нормаль по отношению к области треугольника.

Заметим, что в силу сказанного выше первое из этих условий следует рассматривать как приближенное, поскольку прогибы стержней по отношению к вершинам треугольника отличны от нуля. В этом случае, как известно, максимальный изгибающий момент достигается в середине сторон треугольника [3]

$$(M_x)_{\max} = \frac{3}{4} \beta q a^2, \quad (8)$$

где $\beta = -0,0238$;

a – сторона треугольника.

При этом принято, что коэффициент Пуассона $\nu = 0,2$. Так как площадь треугольника $S = 3/4 a^2$, то очевидно, что формуле (8) можно также придать вид

$$(M_x)_{\max} = \sqrt{3} \beta q S. \quad (9)$$

В этом виде ее можно использовать для приближенного определения максимального изгибающего момента в пластинах для случая, когда каркас обтекателя составлен из стержней различной длины. При этом под S следует понимать наибольшую из площадей треугольников.

Поскольку максимальный изгибающий момент M_{\max} известен, значение толщины t пластинки вычисляется по формуле

$$t = \sqrt{\frac{\sigma M_{\max}}{[\sigma]}}, \quad (10)$$

где $[\sigma]$ – допускаемое нормальное напряжение.

ВЫВОДЫ:

Результатом проведенных исследований является:

1. Получены аналитические выражения для определения коэффициентов в запасе прочности диэлектрических пластинок круговой и треугольной формы.
2. Определены необходимые толщины диэлектрических мембран по максимально допустимым напряжениям.
3. Получены аналитические выражения для определения максимального изгибающего момента мембран.
4. Получены аналитические выражения для определения толщины диэлектрических мембран по величине изгибающего момента.

Задачей дальнейших исследований является:

1. Разработка методики расчета характеристик направленности системы антенна – каркасное укрытие.
2. Разработка способов уменьшения влияния каркасного укрытия на характеристики антенны.

3. Разработка способов уменьшения влияния метеообразований на характеристики каркасного укрытия.

Список литературы

1. Павлов Н.Ф. Аэрология, радиометеорология и техника безопасности. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 432 с.
2. Д.И. Вельмискин, Т.В. Сиротенко. Методика расчёте напряженно-деформированного состояния стержневого каркасного укрытия МРЛ // Український гідрометеорологічний журнал. 2008. - №3. – с. 39-47.
3. Каплун В.А. Обтекатели антенн СВЧ. – М.: Сов.радио, 1974. – 240 с.
4. Ключников А.С., Лавренко В.К., Терехович А.Б. и др. О радиотехнических параметрах пространственного каркаса антенного обтекателя больших размеров // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.1. 1970. - №2. – с. 31-34.
5. Ключников А.С., Терехович А.Б. Статистические характеристики ближнего поля антенны с диэлектрическим каркасом обтекателя // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.1. 1970. - №2. - с. 54 – 56.
6. Швеиц А.С. Прочность, устойчивость, колебания. – М.: Т. 1 – 3, 1968. – 670 с.

**Розрахунок діелектричних мембран каркасного укриття в напружено – деформованому стані.
Вельміскін Д.І.**

Пропонується методика розрахунку напружено - деформованого стану діелектричних мембран каркасного укриття.

Ключові слова: укриття, діелектричні мембрани, напружено–деформований стан.

Calculation of dielectric membranes of framework shelter in the tensely –deformed state. D. Velmiskin

The method of calculation of the tensely - deformed state of dielectric membranes of framework shelter is offered.

Keywords: shelter, dielectric membranes, tensely–deformed state.