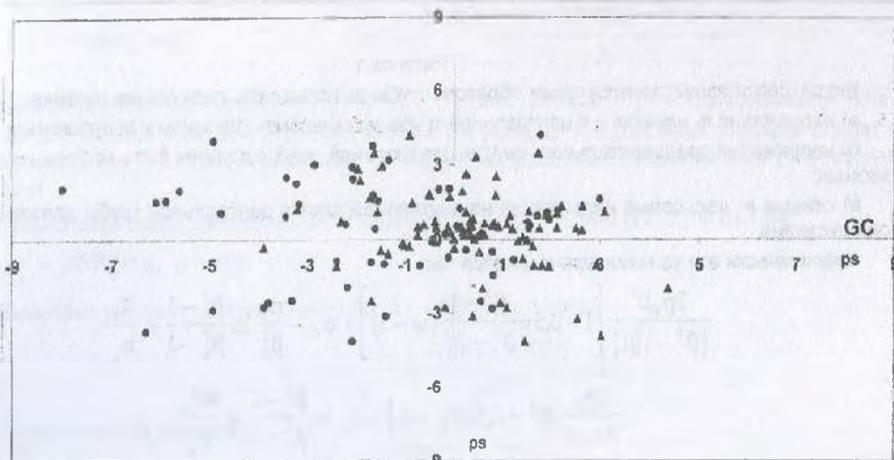


затормаживают изменения его прозрачности. Это вызывает хаотические пульсационные изменения периодов у  $\delta$ -Цфеид. Для более детального изучения этой проблемы необходимы дальнейшие исследования.

Изучение содержания металлов в атмосферах  $\delta$ -Цфеид даёт важные результаты о градиенте металличности Галактики. Эти исследования являются основополагающими в теории эволюции Вселенной.

Многу была получена проекция пространственного распределения  $\delta$ -Цфеид с различной  $[M/H]$  на плоскость Галактики.



Проекция пространственного распределения  $\delta$ -Цфеид с различной  $[M/H]$  (▲ - звёзды с  $[M/H] > 0$ , ● - звёзды с  $[M/H] < 0$ ) на плоскость Галактики. GC - Галактический центр

В направлении на галактический центр встречаются преимущественно  $\delta$ -Цфеиды с  $[M/H] > 0$ . Такое распределение  $\delta$ -Цфеид с различным содержанием металлов в их атмосферах можно объяснить особенностями эволюционного развития Галактики. На одном из этапов формирования ядра Галактики, здесь очевидно происходили очень интенсивные эволюционные процессы. Они сопровождались активным обогащением межзвёздного пространства металлами. Поэтому у  $\delta$ -Цфеид образованных ближе к галактическому центру определяют повышенное содержание металлов в атмосферах. В то же время большинство  $\delta$ -Цфеид расположенных на периферии Галактики имеют  $[M/H] < 0$ , как следствие менее активных процессов звёздообразования в данной области.

Литература.

1. Avlin T.V., «Problems of the Change of the Period of Delta-Cepheids in Galaxy». Сборник работ международной конференции INTEL ISEF 2002. Washington DC
2. Переменные звёзды - ключ к пониманию строения и эволюции Галактики. Сборник трудов Нижний Архыз. 2000.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ВИТОГО СОСУДА

*И.Г. Гурьев, А.Н. Ермашкевич*  
**Научный руководитель – Л.А. Гурьева**  
 УО «Полоцкий государственный университет»

В работе на основании теории наибольших касательных напряжений рассмотрен расчет оптимальных размеров витых сосудов [1].

Витые сосуды состоят из сплошной центральной трубы, обвитой несколькими слоями стальной ленты специального профиля (рис. 1). Такие сосуды имеют некоторые преимущества по сравнению со сплошными.

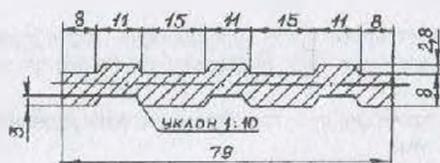


Рисунок 1

Витой сосуд проектируется таким образом, чтобы выполнялись следующие условия:

- а) напряжения в навивке и в центральной трубе должны быть близкими к допускаемым;
- б) напряжения предварительного сжатия центральной трубы должны быть не больше допускаемых;
- в) осевые и кольцевые напряжения на внутренней стенке центральной трубы должны быть одинаковыми.

Аналитически эти условия записываются так:

$$\frac{2p_b \beta^2}{(\beta^2 - 1)\beta_k^2} \left[ 1 - 0,5\nu \frac{\beta_1^2 - 1}{\beta^2 - \beta_1^2} (\psi - 1) \right] + \sigma_0 - \frac{\sigma_2}{\beta_k^2} \ln \frac{\beta^2 - 1}{\beta_k^2 - 1} = \frac{\sigma_{y_1}}{n_{y_1}}; \quad (1)$$

$$\frac{2p_b}{\beta^2 - 1} [\beta^2 + 0,5\nu(\psi - 1)] - \sigma_0 \ln \frac{\beta^2 - 1}{\beta_1^2 - 1} = \frac{\varphi \sigma_{y_1}}{n_{y_1}}; \quad (2)$$

$$\frac{\sigma_0}{\beta_1^2} \ln \frac{\beta^2 - 1}{\beta_1^2 - 1} \leq \frac{\varphi \sigma_{y_1}}{n_{y_1}}; \quad (3)$$

$$\sigma_0 = \frac{p_b [\beta^2 (1 - \nu)(\psi - 1)]}{(\beta^2 - 1) \ln \frac{\beta^2 - 1}{\beta_1^2 - 1}}; \quad (4)$$

где  $p_b$  - внутреннее давление,  $\nu$  - коэффициент Пуассона;

$$\beta = \sqrt{1 - \frac{\psi}{1 - \frac{\varphi \sigma_{y_1}}{p_b n_{y_1}}}}; \quad (5)$$

$\beta_1 = \frac{r_2 + S_1}{r_2}$ ;  $r_2$  - внутренний радиус центральной трубы;  $\sigma_0$  - предварительный натяг ленты в кольцевом направлении;  $\psi$  - коэффициент, указывающий, во сколько раз осевые напряжения в центральной трубе витого корпуса больше, чем в кованом корпусе таких же размеров,  $\varphi$  - коэффициент запаса прочности сварного шва;  $\sigma_{y_1}$  и  $\sigma_{y_2}$  - предел текучести материалов центральной трубы и навивки;  $n_{y_1}$  и  $n_{y_2}$  - коэффициенты запаса прочности центральной трубы и навивки;  $S_1$  - толщина стенки трубы.

Для определения  $\beta_0$ , при котором эквивалентное напряжение достигает максимума, производную от левой части равенства (1) по  $\beta_0$  нужно приравнять к нулю, т.е.

$$-\frac{4p_b \beta^2}{(\beta^2 - 1)(\beta^2 - \beta_1^2)} [\beta^2 - \beta_1^2 - 0,5\nu(\beta_1^2 - 1)(\psi - 1)] + 2\sigma_0 \left( \ln \frac{\beta^2 - 1}{\beta_k^2 - 1} + \frac{\beta_1^2}{\beta_k^2 - 1} \right) = 0 \quad (6)$$

Решая полученное уравнение относительно  $\beta_k$ , находим значение  $\beta_k$ , при котором  $\sigma_{\text{э,в}}$  достигает максимума, а решая его относительно  $\sigma_0$  при фиксированном  $\beta_k$ , получим в каждом слое навивки значение  $\sigma_0$ , при котором  $\sigma_{\text{э,в}}$  достигает максимума

$$\text{При } \beta_k = \beta_1 \text{ получаем } \sigma_0' = \frac{2p_0\beta_1^2(\beta_1^2 - 1)[\beta^2 - \beta_1^2 - 0,5\nu(\beta_1^2 - 1)(\psi - 1)]}{(\beta^2 - 1)(\beta^2 - \beta_1^2) \left[ (\beta_1^2 - 1) \ln \frac{\beta^2 - 1}{\beta_1^2 - 1} + \beta_1^2 \right]} \quad (7)$$

$$\text{При } \beta_k = \beta \quad \sigma_0'' = \frac{2p_0[\beta^2 - \beta_1^2 - 0,5\nu(\beta_1^2 - 1)(\psi - 1)]}{\beta^2 - \beta_1^2} \quad (8)$$

Если действительное значение  $\sigma_0$  меньше  $\sigma_0'$  (или больше  $\sigma_0''$ ), то допускаемое напряжение достигается в первом (или наружном) слое раньше, чем давление в сосуде дойдет до уровня рабочего. Тогда  $\beta$  и число слоев  $m$  находят из уравнения (1) для первого (или наружного) слоя.

Рассмотрим сосуд на который действует давление  $p_0 = 150 \text{ МПа}$ ;  $r_2 = 0,075 \text{ м}$ ;

$\sigma_{y1} = 270 \text{ МПа}$ ;  $\nu = 0,9$ ;  $\psi = 2$ .

Выбираем толщину центральной трубы  $S_1 = 0,0375 \text{ м}$ , тогда

$$\beta_1 = \frac{r_2 + S_1}{r_2} = \frac{0,075 + 0,0375}{0,075} = 1,5.$$

По формуле (5) находим  $\beta$

$$\beta = \sqrt{1 - \frac{2}{1 - \frac{0,9 \cdot 270}{150 \cdot 1,5}}} = 5,1.$$

Затем по формулам (7) и (8) определяем пределы оптимальных значений

$\sigma_0' = 32,24 \text{ МПа}$ ;  $\sigma_0'' = 297,633 \text{ МПа}$ , а по формуле (4) — точное значение  $\sigma_0$

$$\sigma_0 = \frac{150(5,1 - 0,7 - 1)}{(5,1^2 - 1) \ln \frac{5,1^2 - 1}{2,25 - 1}} = 50,667 \text{ МПа}.$$

Так как  $\sigma_0' < \sigma_0 < \sigma_0''$ , то значение  $S_1$  выбрано правильно.

Используя формулу (3) заключаем, что прочность трубы обеспечена, а число навиваемых слоев

$$m = \frac{5,1 - 1,5}{0,0375} \cdot 0,075 = 7,2 \approx 8.$$

Значение  $\beta_k$  определяем из трансцендентного уравнения

$$-495,1202084(\beta_k^2 - 1) - 101,334(\beta_k^2 - 1) \ln(\beta_k^2 - 1) + 101,334 = 0; \quad \beta_k = 1,13, \text{ а}$$

из равенства (1) — предел текучести материала ленты  $\sigma_{y1} = 171,6 \text{ МПа}$ .

Литература.

1. Нейман С.Я., Пимштейн П.Г. Расчет витых сосудов высокого давления. - Химическое машиностроение, 1964 № 2.
2. Chem. Jngr. - Techn., 1964, 36, №3, 192-202
3. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учебник для вузов - 9-е изд., перераб. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986 - 512 с