# Расчёт кругового шпангоута

## Графическое изображение расчетной схемы

В данной части курсовой работы рассматривается круговой центральный лонжерон, на который действуют две радиальные силы (P\_{n1},P\_{n2}), две тангенциальные силы (P\_{t1},P\_{t2}) и два изгибающих момента (M\_1,M\_2) (рисунок 2.1). Значения нагрузок приведены в таблице 2.1. 图示, 工程绘图

描述已自动生成

* 1. – Схема нагружения шпангоута

【正方向的确定:拉力拉伸为正，剪力顺时针为正，弯矩逆时针为正】

Таблица 2.1 - Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер сечения | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| , градусы | 25 | 85 | 170 | 240 | 330 |
| , | -30 |  |  | 17 |  |
| , |  | 25 |  |  | -30 |
| , |  |  | 10 | -12 |  |

Радиус шпангоута

Толщина обшивки

Коэффициент безопасности

Материал шпангоута Д16АТ имеет следующие характеристики:

## Определения с помощью ЭВМ закона изменения погонной касательной силы , изгибающего момента , перерезывающей силы и продольной силы. Эпюры , , и

Для расчёта,  и  необходимо рассчитать нагрузки с учётом коэффициента безопасности . Расчетные значения усилий вычисляются по следующей формуле:

Где - **расчетные значения усилий;**

- номер нагрузки.

Для заданного шпангоута имеем:

В соответствии со схемой нагружения шпангоута (Рисунок 2.1) и полученными значениями расчётных нагрузок на ЭВМ вычисляются значения ,.

Расчёт проводится с помощью программы ring.exe. Результаты расчётов приведены в таблице 2.2. Распечатка результатов программы представлена в приложении 3.

Таблица 2.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Угол, град | М, кН\*м | N, kH | Q, kH | qt, kH/м | Угол, град | М, кН\*м | N, kH | Q, kH | qt, kH/м |
| 0 | 0.3005 | -26.94 | -5.977 | 37.12 | 180 | -5.897 | -7.064 | 5.089 | 9.282 |
| 5 | -0.644 | -30.76 | -8.503 | 30.68 | 185 | -5.275 | -8.454 | 4.408 | 5.495 |
| 10 | -1.938 | -33.45 | -11.31 | 23.49 | 190 | -4.748 | -9.245 | 3.631 | 1.164 |
| 15 | -3.613 | -34.9 | -14.3 | 15.72 | 195 | -4.326 | -9.377 | 2.813 | -3.483 |
| 20 | -5.686 | -35.05 | -17.37 | 7.586 | 200 | -4.01 | -8.822 | 2.014 | -8.203 |
| **25** | -8.158 | -33.85 | 20.12 | -0.702 | 205 | -3.795 | -7.591 | 1.293 | -12.76 |
| 30 | -5.72 | -34.85 | 17.11 | -8.899 | 210 | -3.666 | -5.73 | 0.7078 | -16.91 |
| 35 | -3.679 | -34.52 | 14.07 | -16.77 | 215 | -3.602 | -3.32 | 0.3094 | -20.45 |
| 40 | -2.032 | -32.94 | 11.12 | -24.08 | 220 | -3.575 | -0.473 | 0.1412 | -23.17 |
| 45 | -0.759 | -30.2 | 8.359 | -30.64 | 225 | -3.553 | 2.672 | 0.2355 | -24.92 |
| 50 | 0.1694 | -26.42 | 5.882 | -36.3 | 230 | -3.501 | 5.955 | 0.6116 | -25.57 |
| 55 | 0.7969 | -21.78 | 3.773 | -40.93 | 235 | -3.381 | 9.2 | 1.274 | -25.04 |
| 60 | 1.176 | -16.43 | 2.102 | -44.46 | 240 | 13.04 | 12.23 | -20.74 | -23.32 |
| 65 | 1.368 | -10.57 | 0.9207 | -46.84 | 245 | 10.41 | 16.86 | -19.47 | -20.47 |
| 70 | 1.44 | -4.39 | 0.2665 | -48.08 | 250 | 7.965 | 20.93 | -17.81 | -16.6 |
| 75 | 1.462 | 1.908 | 0.158 | -48.19 | 255 | 5.76 | 24.27 | -15.83 | -11.89 |
| 80 | 1.506 | 8.134 | 0.5973 | -47.22 | 260 | 3.831 | 26.77 | -13.6 | -6.503 |
| 85 | 1.642 | -19.64 | 1.57 | -45.25 | 265 | 2.207 | 28.32 | -11.19 | -0.652 |
| 90 | 1.746 | -13.97 | 0.1053 | -42.38 | 270 | 0.9053 | 28.88 | -8.687 | 5.483 |
| 95 | 1.69 | -8.617 | -0.8773 | -38.72 | 275 | -0.0673 | 28.4 | -6.18 | 11.73 |
| 100 | 1.536 | -3.721 | -1.412 | -34.41 | 280 | -0.7164 | 26.89 | -3.76 | 17.95 |
| 105 | 1.338 | 0.6032 | -1.543 | -29.57 | 285 | -1.059 | 24.37 | -1.517 | 24.01 |
| 110 | 1.147 | 4.264 | -1.326 | -24.37 | 290 | -1.125 | 20.88 | 0.4644 | 29.8 |
| 115 | 1.004 | 7.196 | -0.8204 | -18.94 | 295 | -0.9528 | 16.51 | 2.102 | 35.2 |
| 120 | 0.942 | 9.356 | -0.0925 | -13.43 | 300 | -0.5928 | 11.33 | 3.323 | 40.15 |
| 125 | 0.9864 | 10.73 | 0.7896 | -8.011 | 305 | -0.104 | 5.459 | 4.06 | 44.53 |
| 130 | 1.152 | 11.32 | 1.757 | -2.821 | 310 | 0.4466 | -0.991 | 4.259 | 48.29 |
| 135 | 1.447 | 11.18 | 2.744 | 1.988 | 315 | 0.9855 | -7.879 | 3.875 | 51.34 |
| 140 | 1.869 | 10.35 | 3.688 | 6.276 | 320 | 1.434 | -15.06 | 2.875 | 53.61 |
| 145 | 2.408 | 8.921 | 4.533 | 9.907 | 325 | 1.711 | -22.36 | 1.243 | 55.01 |
| 150 | 3.049 | 7.001 | 5.231 | 12.75 | 330 | 1.732 | 10.88 | -1.026 | 55.5 |
| 155 | 3.77 | 4.713 | 5.744 | 14.7 | 335 | 1.646 | 3.698 | -0.39 | 55 |
| 160 | 4.544 | 2.198 | 6.047 | 15.67 | 340 | 1.603 | -3.385 | -0.377 | 53.48 |
| 165 | 5.343 | -0.392 | 6.125 | 15.59 | 345 | 1.521 | -10.18 | -0.972 | 50.92 |
| 170 | -7.362 | -2.9 | 5.981 | 14.46 | 350 | 1.323 | -16.48 | -2.139 | 47.32 |
| 175 | -6.601 | -5.172 | 5.626 | 12.32 | 355 | 0.9378 | -22.13 | -3.83 | 42.7 |

В таблице 2.2 для сечений представлены значения внутренних силовых факторов, соответствующие подходы к этим сечениям со стороны углов больших , т.е. даны значения (здесь под понимается любая из величин и ).

在表2.2中，对于phi=\alpha\_\iota的截面，给出了**从大于\alpha\_\iota的角度接近这些截面时的内力因子值**，即给出了fleft(\alpha\_\iota+0\right)值（这里的fleft(\phi\right)指的是N^P,Q^P,M^P和q\_t^p中的任意值）。

1. По таблице 2.2 для сечения имеем:

.

На эпюре будет скачок на величину

Что касается нормальной силы , и изгибающего момента то M они при непрерывны.

至于法向力N和弯矩M，它们在\phi=\alpha\_1处连续

2. Для сечения имеем:

.

На эпюре будет скачок на величину.

Изгибающий момент и перерезывающая сила при непрерывны.

3. Для сечения имеем:

.

На эпюре будет скачок на величину .

Перерезывающая сила и нормальная сила при непрерывны.

4. Для сечения имеем:

.

На эпюре будет скачок на величину

На эпюре будет скачок на величину

Нормальная сила при непрерывна.

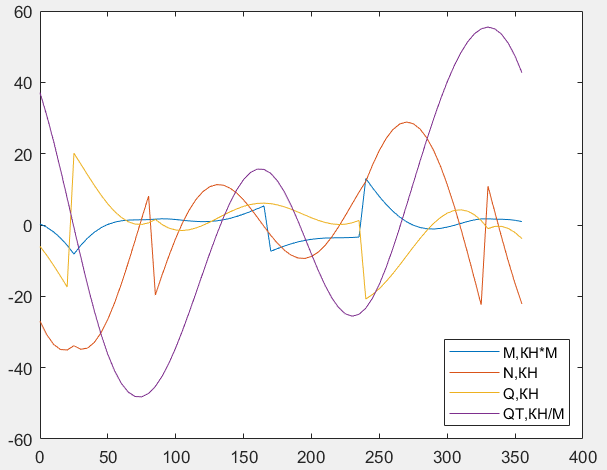
5. Для сечения имеем:

.

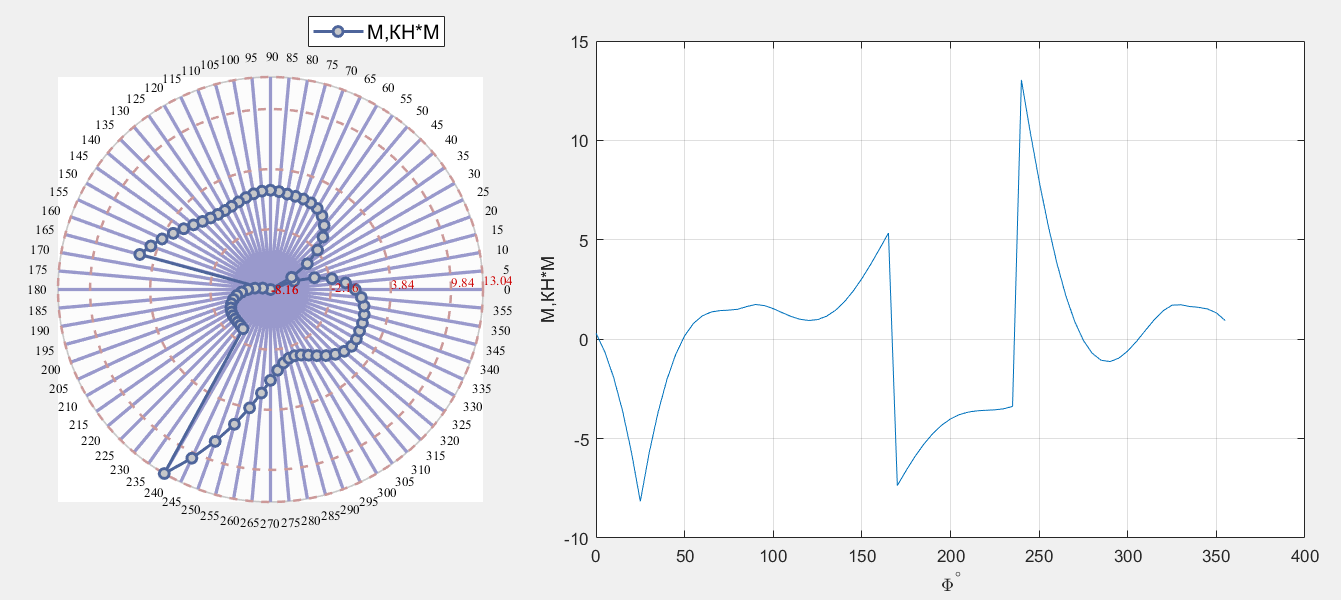
На эпюре будет скачок на величину

Изгибающий момент и перерезывающая сила при непрерывны.

На рисунке 2.2 представлены графики распределения усилий , , и вдоль осевой линии шпангоута.



Эпюры , , и , представлены на рисунках 2.3 – .2.6.

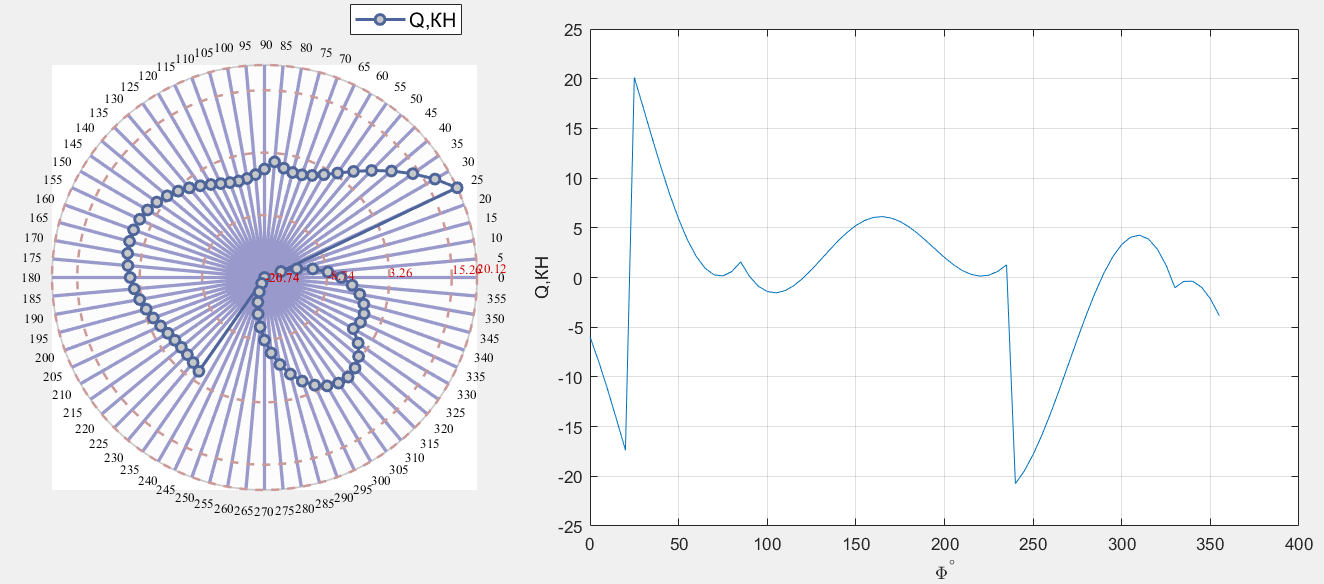


* 1. Эпюры

图表

描述已自动生成

* 1. - Эпюра



* 1. - Эпюра

图表

描述已自动生成

* 1. - Эпюра

## Подбор сечения шпангоута

Типовое сечение силового шпангоута показано на рисунке 2.7. Оно состоит из поясов, стенки и части обшивки корпуса ЛА, работающей совместно со шпангоутом.

图 2.7 显示了动力撑杆的典型横截面。它由皮带、船壁和与动力撑杆配合使用的部分船体蒙皮组成。

Введём следующие обозначения: 让我们引入以下术语：

- площадь сечения пояса; 皮带的横截面积；sectional area of the belt;

- площадь прессованных уголков; 压角区域；pressed corner area

- высота стенки. wall height

Для определения высоты стенки используем следующую формулу:

To determine the height of the wall, we use the following formula:

,

где - максимальное расчётное значение изгибающего момента;

maximum design value of the bending moment;

- критическое напряжение для полки пояса.

critical stress for the belt flange. 皮带凸缘的临界应力。

,

- максимальное расчётное значение перерезывающей силы.

maximum design value of the shear force.



* 1. – Типовое сечение силового шпангоута.

Значения и берутся из эпюр построенных ранее (рисунки 2.3-2.6).

取自之前建造的外显子（图 2.3-2.6）。

,

,

,

,

В этих формулах

это критическое напряжение для полки пояса, при подборе пояса его можно принять

*МПа.*

.

Величину определяем из выражения

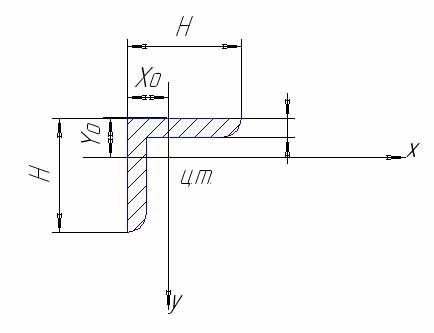
.

Площадь уголка равна

.

По ГОСТ 13737-90 выбираем уголок ПР 100-20 , приведённый на Рисунок 2.8.

根据 GOST 13737-90，我们选择 PR 100-36 角，如图 2.8 所示。



* 1. – Геометрические параметры выбранного уголка.

所选角的几何参数。

Для данного уголка:

, , .

Определяем величину критического напряжения для выбранного профиля:

.

Где

(зависит от закрепления стенок); (取决于墙面固定方式）；

- модуль упругости материала.

Значение превышает предел пропорциональности .

σcr.m0 的值超过了比例极限 \sigma\_p。

.

В этом случае значение :

где

Уточняем величину по формуле:

.

Принимаем .

Определяем толщину стенки :

.

В соответствии с нормальным рядом толщин .

Далее подберём заклёпки. Рассчитаем диаметр заклёпок, соединяющих пояса со стенкой (Рисунок 2.9).





Величина срезающей силы в этом случае равна:

在这种情况下，剪切力的大小等于：

, где

- шаг заклёпок, выбирается из стандартного ряда .

铆钉间距，从标准范围 t 中选择。

Выбираем .

.

Тогда, потребная площадь сечения заклепки определится по формуле:

然后，根据公式确定所需的铆钉横截面积：

, где

- потребная площадь сечения заклепки;

- предел прочности материала на сдвиг.

Получим

.

Тогда диаметр заклепки найдется по формуле:

.

в таком случае .

Рассмотрим заклепки, крепящие шпангоут к обшивке (Рисунок 2.10).





Величина срезающей силы:

, где

- шаг заклепок;

- количество рядов заклёпок.

Тогда

.

Вычислим

Диаметр заклёпки вычислим по формуле:

Округлим полученное значение до стандартного

## Поверочный расчёт шпангоута

Вид выбранного сечения шпангоута представлен на Рисунок 2.11.



* 1. – Сечение шпангоута

Ранее получены значения:

Ранее подобран пояс с параметрами:

,

.

Пусть в опасном сечении шпангоута расчетные значения изгибающего момента и нормальной силы равны и . Тогда нормальные напряжения в точках А и В исследуемого сечения шпангоута будут равны (Рисунок 2.11):

假设撑杆危险截面上的弯矩和法向力的计算值分别为 M^P 和 N^P。则撑杆危险区段 A 点和 B 点的法向应力相等（图 2.11）：

Здесь и – площадь и момент инерции сечения шпангоута (относительно оси 0-0) с учетом ослабления отверстиями под заклепки; ордината центра тяжести ослабленного сечения шпангоута. При вычислении и к верхнему поясу следует добавить прилегающую часть обшивки, работающую со шпангоутом.

Ширину этой части обшивки можно принять равной

50=82,5мм,

мм

这里 F^\ast 和 I^\ast 是考虑到铆钉孔削弱后的翼梁截面（相对于 0-0 轴）的面积和惯性矩；y\_c-翼梁削弱截面的重心坐标。计算 F^\ast 和 I^\ast 时，应将与翼梁相邻的蒙皮部分加入上带。

这部分蒙皮的宽度 b\_0 可以取为 50\delta\_0=82.5 mm，其中 \delta\_0 是蒙皮的厚度。

Daima 344

Определим положение главной центральной оси 0-0:

,

где статический момент сечения.

 +

* 1. - Профиль стрингера

Пусть .

Момент инерции сечения шпангоута относительно оси :

Момент инерции сечения относительно центральной оси х:

1 Рассмотрим сечение с максимальным положительным значением момента:

; 考虑正力矩值最大的截面：

;

2 Рассмотрим сечение с максимальным отрицательным значением момента:

考虑负弯矩值最大的截面

Из полученных значений выбираем наибольшее растягивающее и наибольшее сжимающее напряжения по абсолютному значению:

Запас прочности по растяжению:

где – коэффициент заклепочного шва,

предел прочности на растяжение и сжатие.

Запас по устойчивости:

Статический момент части поперечного сечения, расположенной выше центра тяжести:

Максимальное напряжение в стенке:

Критическое касательное напряжение:

Предел пропорциональности при сдвиге:

где – предел пропорциональности.

Критическое касательное напряжение ниже предела пропорциональности при сдвиге. Принимаем:

Запас устойчивости стенки от сдвига:

Статический момент части сечения шпангоута, крепящейся к стенке:

Сила, приходящаяся на заклепку:

Сила среза заклепки:

где –напряжение на срез.

Запас прочности по срезу заклепки :

Сила среза в соединении обшивки с поясом:

где – шаг заклепок.

Сила среза заклепки:

где –напряжение на срез.

Запас прочности по срезу заклепки :

Напряжение смятия стенки:

Допускаемое напряжение смятия:

Запас прочности по смятию стенки:

Напряжение смятия обшивки:

Запас прочности по смятию обшивки:

Таблица 2.3[建议删除]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **F** | **y'** | **I** |
| обшивка | 223,3 | 265,75 | 23,2031 |
| Заклепка | -18,8 | 265 | -27,733 |
| уголок | 144,1 | 256,676 | 12240 |
| уголок | 144,1 | 256,676 | 12240 |
| заклепка | -24 | 250 | -16,875 |
| стенка | 633 | 132,5 | 3877005 |
| заклепка | -24 | 15 | -16,875 |
| уголок | 144,1 | 8,324 | 12240 |
| уголок | 144,1 | 8,324 | 12240 |
|  | 1852,9 |  | 3925927 |