1. Расчет шпангоута
   1. Графическое изображение расчетной схемы

В данной части курсовой работы рассмотрен шпангоут, нагруженный тремя радиальными силами (), двумя касательными силами () и двумя изгибающими моментами (.

Схема нагружения изображена на рисунке 1. Значения нагрузок приведены в таблице 1.

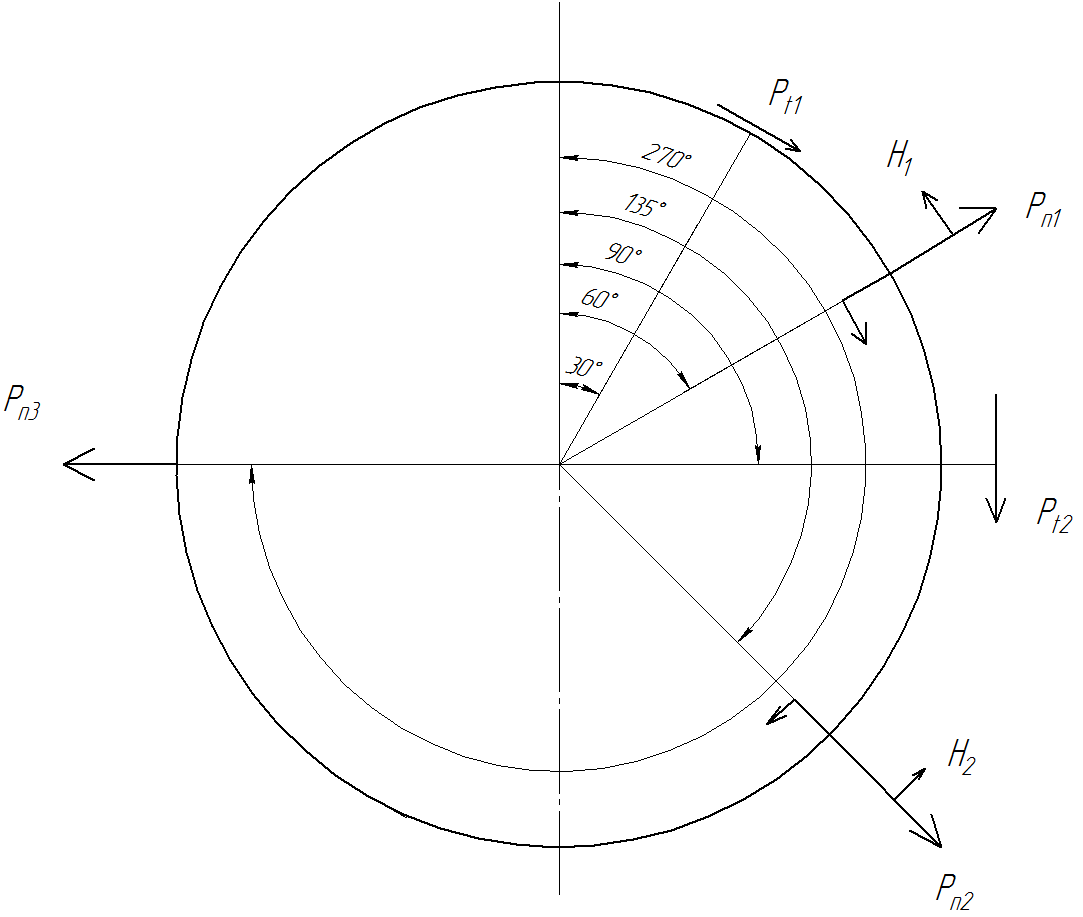


Рисунок 1 — Схема нагружения шпангоута

Таблица 1 — Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер сечения, *i* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| α, град | 30 | 60 | 90 | 135 | 270 |
|  |  | 35 |  | 45 | 30 |
|  | 25 |  | 50 |  |  |
|  |  | 15 |  | 30 |  |

Радиус шпангоута:

Расстояние между шпангоутами:

Толщина обшивки:

Коэффициент безопасности:

Материал шпангоута Д16АТ имеет следующие характеристики:

2.2 Определение с помощью ЭВМ закона изменения погонной касательной силы , изгибающего момента , перерезывающей силы  и продольной силы. Посторенние эпюр , , и .

Для расчёта,  и  необходимо рассчитать нагрузки с учётом коэффициента безопасности

Расчетные значения усилий вычисляются по формулам:

где — - расчетные значения усилий;

- номер нагрузки.

В таком случае расчетные значения радиальных сил будут равны:

Расчетные значения касательных сил будут равны:

Расчетные изгибающие моменты будут равняться:

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

Расчёт проводится с помощью программы ring.exe. Результаты расчётов приведены ниже, на странице 16.

Вычислим скачки на эпюрах ,.

1. Для сечения имеем:

*,*

*,*

*,*

*,*

,

.

2. Для сечения имеем:

*,*

*,*

*,*

*,*

,

.

*,*

3. Для сечения имеем:

*,*

*,*

*,*

*,*

,

.

4. Для сечения имеем:

*,*

*,*

*,*

*,*

*,*

,

.

5. Для сечения имеем:

*,*

*,*

*,*

*,*

*,*

Эпюры и графики распределения , , и , представлены на рисунках 2-5.

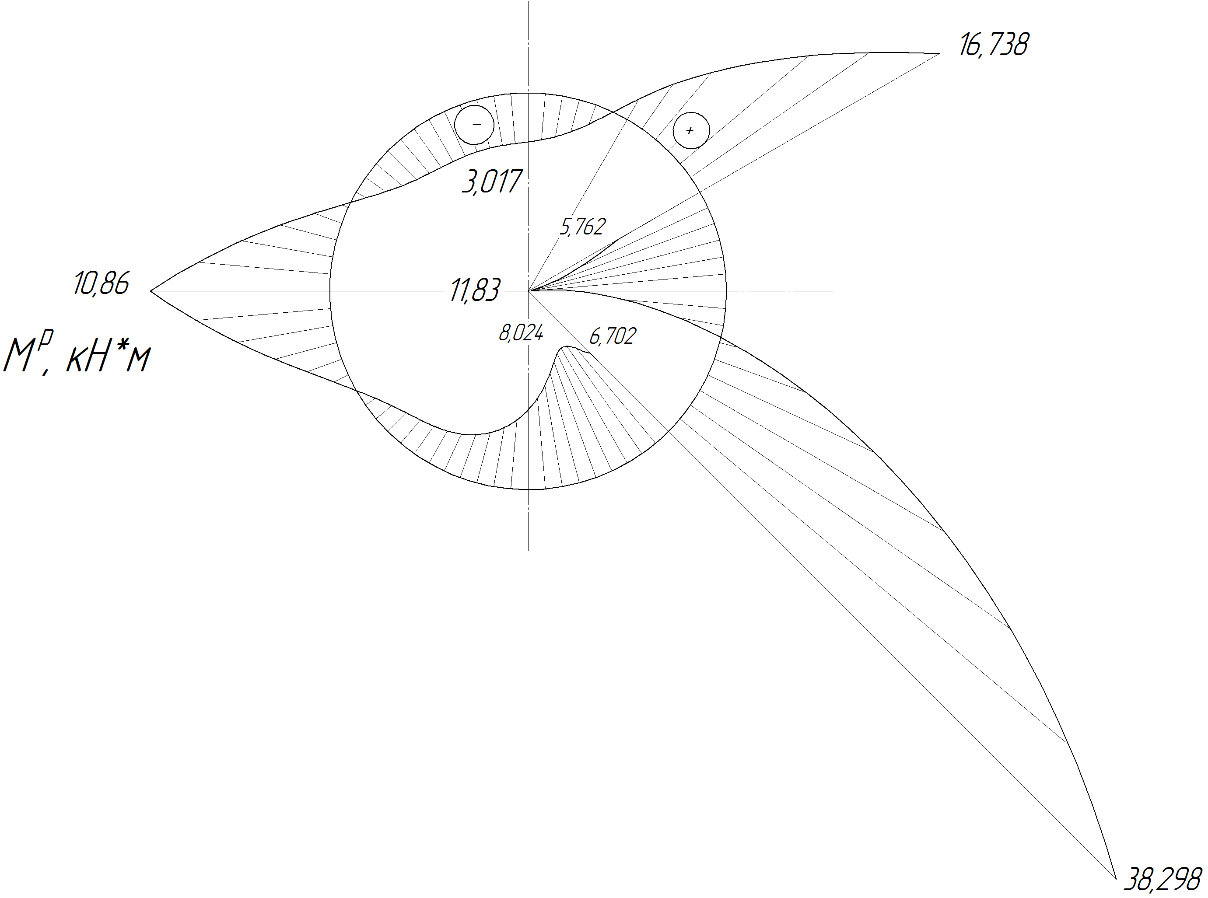


Рисунок 2 — Эпюра

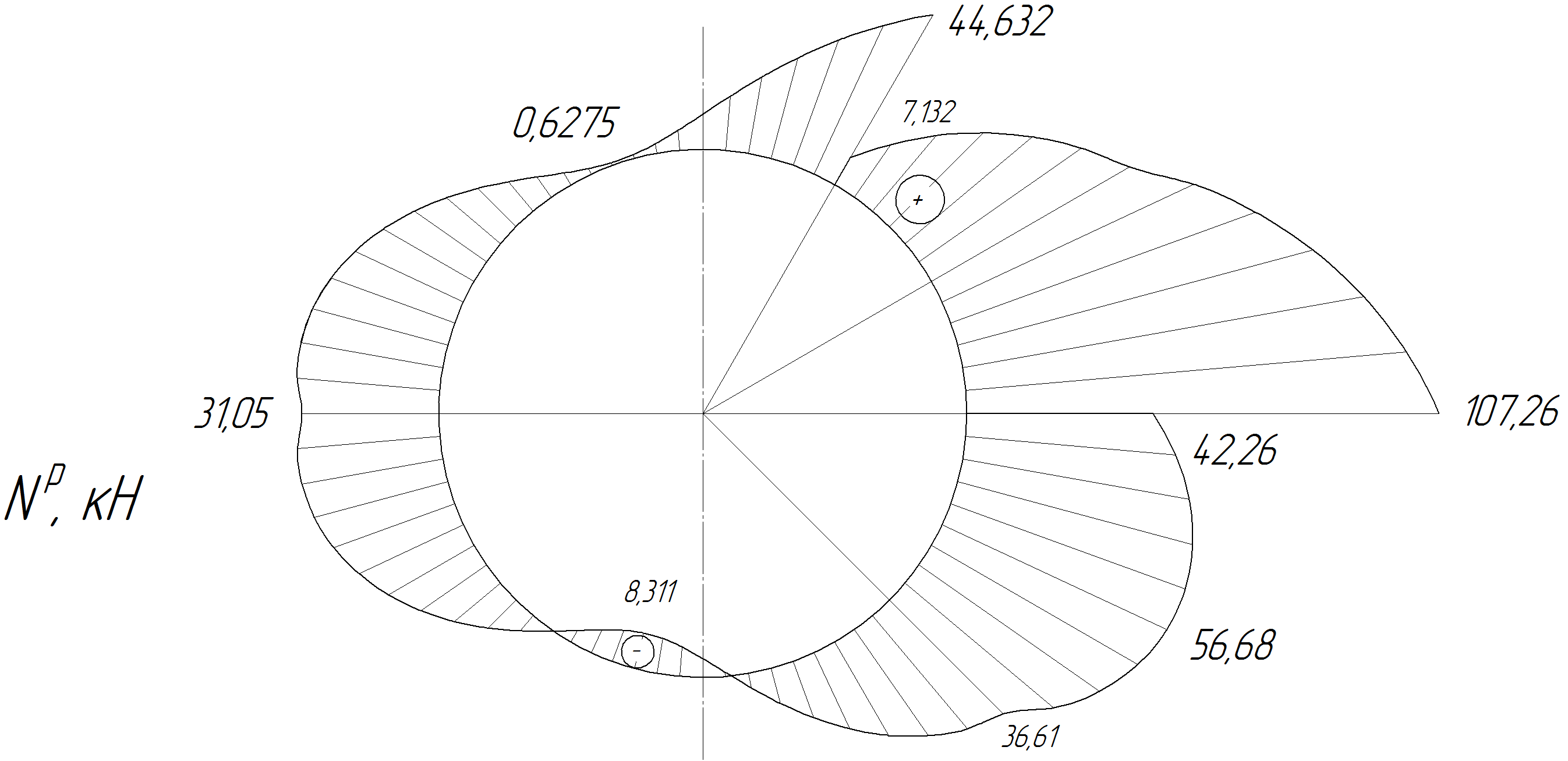


Рисунок 3 — Эпюра

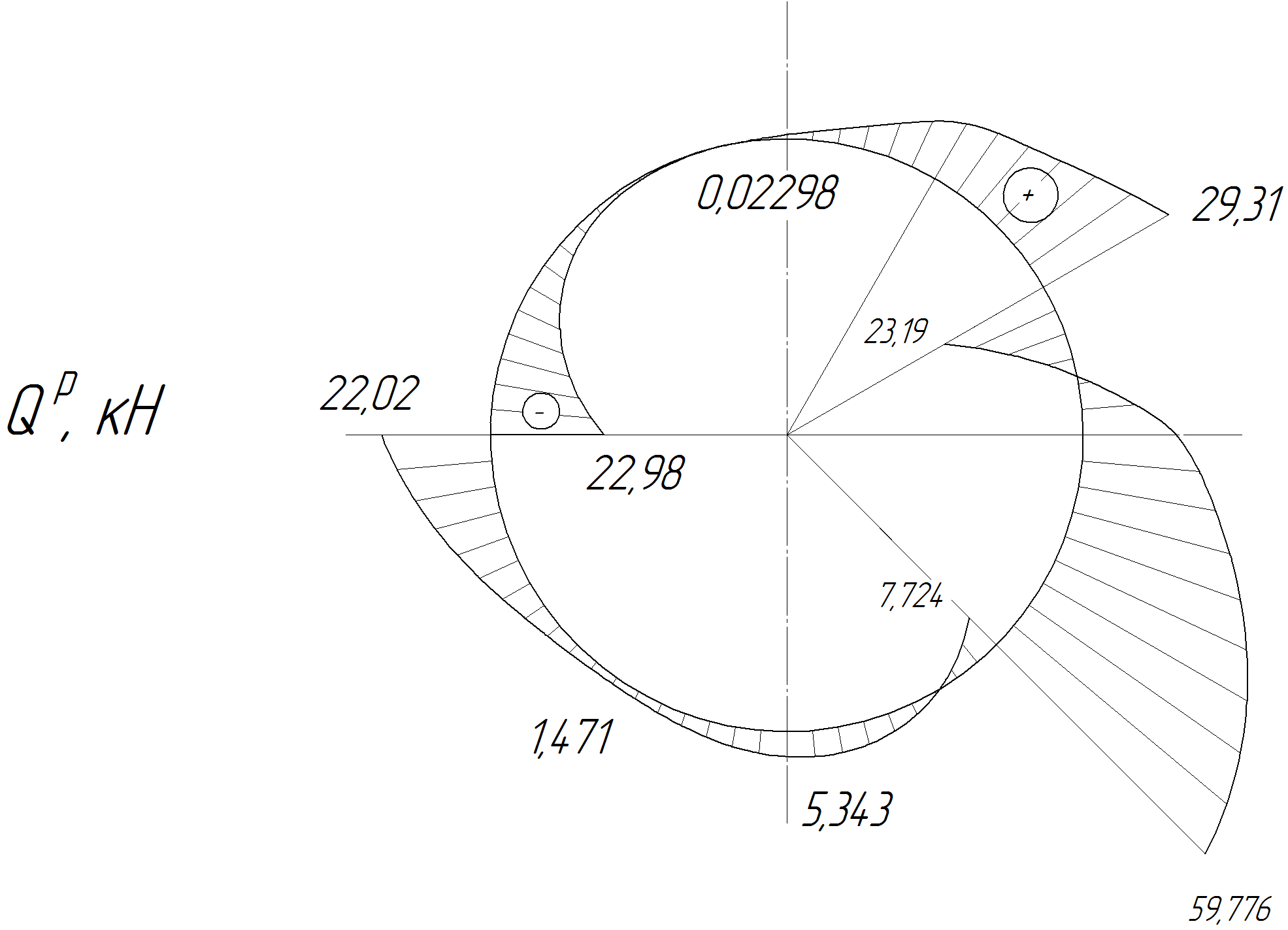


Рисунок 4 — Эпюра

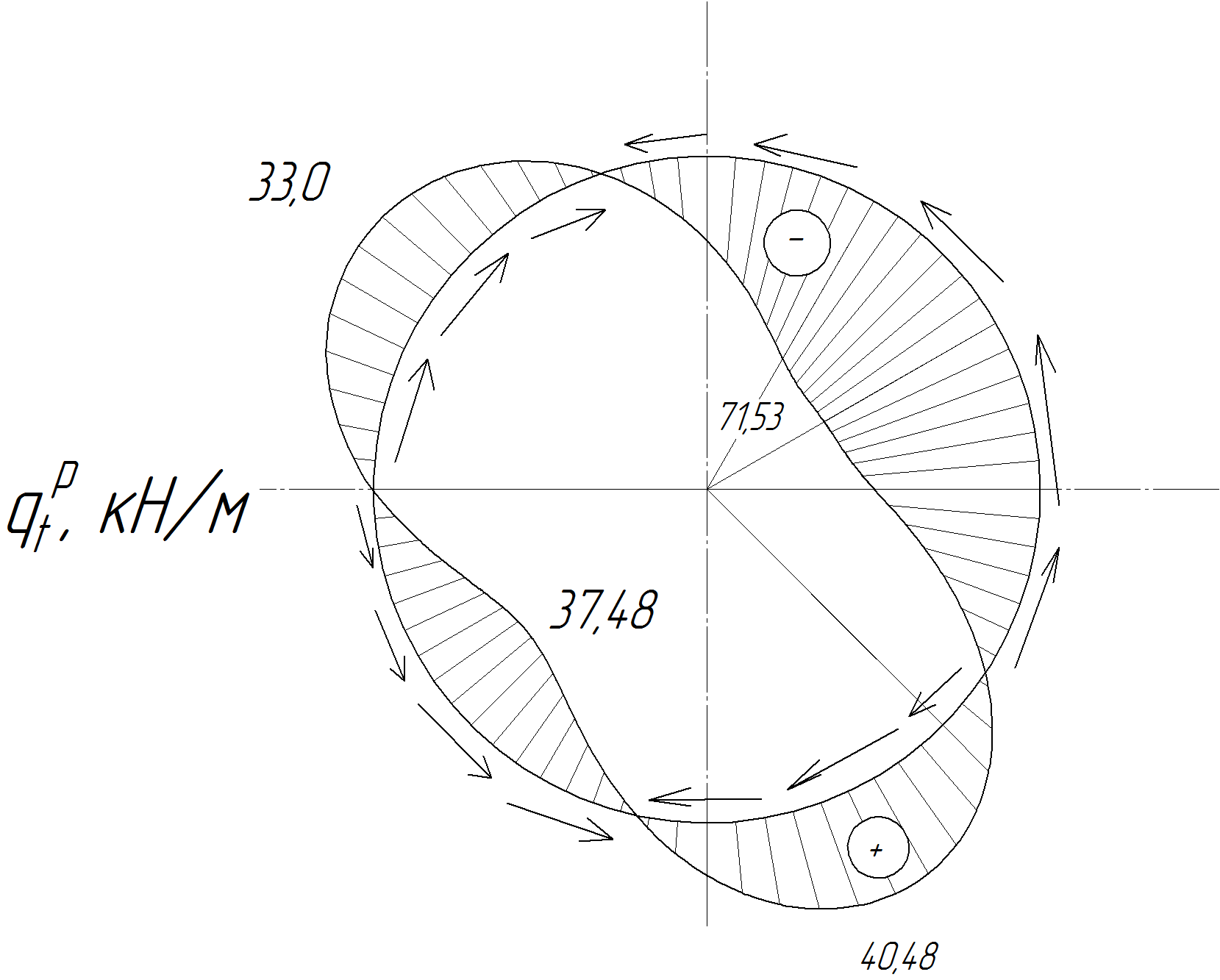


Рисунок 5 — Эпюра

* 1. Подбор сечения шпангоута

Определим максимальные значения изгибающего момента, нормальной и перерезывающей сил по абсолютной величине:

确定弯矩、法向力和剪切力的最大绝对值：

*,*

*,*

*,*

*.*

Рассмотрим типовое сечение силового шпангоута. Оно состоит из двух поясов, стенки и части обшивки корпуса летательного аппарата, работающего совместно со шпангоутом.



Рисунок 10 — Типовое сечение шпангоута

Введем следующие обозначения:

* – площадь сечения пояса, состоящего из двух прессованных уголков,
* – высота стенки,
* =2,0 м – толщина стенки.

Для определения значений , и воспользуемся следующими формулами:

Коэффициент определяется по формуле:

где – модель упругости материала Д16АТ.

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

在这些计算公式中，该应力为梁凸缘的临界应力，在选择梁时可按下式计算

*МПа.*

*.*

Определим высоту стенки и площадь сечения пояса

Исходя из величины

подберём по каталогу подходящий профиль.

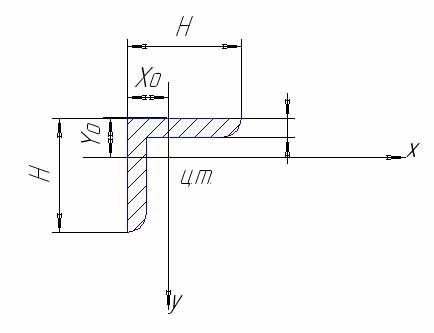


Рисунок 11 — Геометрические характеристики уголка

Возьмем профиль Пр100-13 ГОСТ 410121 имеющий следующие геометрические характеристики:

* *мм2* – площадь сечения пояса из каталога,
* *мм –* высота профиля*,*
* *мм –* толщина профиля,
* *мм –* координаты центра тяжести,
* *мм*4 – момент инерции профиля.

По геометрическим характеристикам этого профиля определяем для него величину критического напряжения для полки пояса , и уточняем значение высоты стенки шпангоута, коэффициент примем равным , так как профиль имеет один свободный край вдоль длинной стороны:

Критическое напряжение местной потери устойчивости полки профиля превышает предел пропорциональности материала равный *МПа*, поэтому

где

Вычислим уточненное значение высоты стенки шпангоута:

Найдём толщину стенки шпангоута:

Округлим полученные значения

* 1. Подбор диаметра заклепки сборки шпангоута

Используем двухсрезную заклепку, для которой величина срезающей силы равна

,

где *мм* – шаг заклёпок.

Подсчитаем нагрузку, приходящуюся на одну заклёпку

Определим площадь сечения заклёпки

,

где*МПа* – предел прочности материала на сдвиг.

Вычислим

Диаметр заклёпки вычислим по формуле:

Округлим полученное значение до стандартного

* 1. Подбор диаметра заклепки, крепящей шпангоут к обшивке

Нагрузка действующая на заклёпку, крепящую шпангоут к обшивке определяется по формуле

,

где мм – шаг заклёпок.

Подсчитаем нагрузку, приходящуюся на одну заклёпку

Определим площадь сечения заклёпки

,

где *МПа* – предел прочности материала на сдвиг.

Вычислим

Диаметр заклёпки вычислим по формуле

Округлим полученное значение до стандартного:

2.6 Проверочный расчет шпангоута

Рассмотрим поперечное сечение шпангоута, имеющего следующие характеристики:

мм – длина равнополочного профиля уголкового сечения,

мм – высота стенки шпангоута,

мм – толщина стенки шпангоута,

мм2 - площадь равнополочного профиля уголкового сечения,

мм – толщина равнополочного профиля уголкового сечения,

мм – диаметр заклепки для сборки шпангоута,

мм – диаметр заклепки, крепящей шпангоут к обшивке,

мм – толщина обшивки.



Рисунок 12 — Поперечное сечение шпангоута

Вычислим расстояние между заклёпками и

Определим ширину присоединенной обшивки:

Площадь поперечного сечения с учетом ослабления отверстиями под заклепки:

Статический момент сечения относительно оси :

Координата центра тяжести:

Момент инерции сечения шпангоута относительно оси :

Момент инерции сечения относительно центральной оси х:

Рассмотрим сечение, в котором действует максимальный изгибающий момент. Имеем:

*,*

*,*

*,*

*.*

Расстояние от полок профилей до оси *x:*

Напряжения в точках А и В:

Рассмотрим сечение, в котором действует минимальный изгибающий момент. Имеем:

*,*

*,*

*,*

*.*

Напряжения в точках А и В:

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:

где – координата центра тяжести профиля.

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:

где – шаг заклепок.

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:

\*\*\* Р А С Ч Е Т Ш П А Н Г О У Т А \*\*\* Baranov 1407

РАДИУС ШПАНГОУТА,М 1.500 ДЛИНА ОТСЕКА,М 1.500 УСЛ.ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ,МПА 270. E/E0= 1.000

МОМЕНТ ИНЕРЦИИ СЕЧ.,М\*\*4 .1889E-04 ТОЛЩИНА ОБШИВКИ,ММ 2.00 МОДУЛЬ УПРУГОСТИ,МПА .720E+05 E/(2.\*G)=1.300

ЧИСЛО СИЛ: РАДИАЛЬНЫХ 3 КАСАТЕЛЬНЫХ 2 МОМЕНТОВ 2

РАДИАЛЬНЫЕ СИЛЫ,КН

УГОЛ,ГРАД. 60.0 135.0 270.0

РАСЧ.ЗНАЧ. 52.50 67.50 45.00

КАСАТЕЛЬНЫЕ СИЛЫ,КН

УГОЛ,ГРАД. 30.0 90.0

РАСЧ.ЗНАЧ. 37.50 65.00

СОСРЕДОТОЧЕННЫЕ МОМЕНТЫ,КН\*М

УГОЛ,ГРАД. 60.0 135.0

РАСЧ.ЗНАЧ. 22.50 45.00

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* УГОЛ \* М,КН\*М \* N,КН \* Q,КН \* QT,КН/М \* \* УГОЛ \* M,КН\*М \* N,КН \* Q,КН \* QT,КН/М \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

\* 0. \*-2.973E+00 \* 7.959E+00 \* 8.013E-01 \*-3.042E+01 \* \* 180. \*-4.820E+00 \*-4.289E+00 \* 5.109E+00 \* 1.888E+01 \*

\* 5. \*-2.814E+00 \* 1.235E+01 \* 1.680E+00 \*-3.814E+01 \* \* 185. \*-4.181E+00 \*-6.699E+00 \* 4.622E+00 \* 1.135E+01 \*

\* 10. \*-2.514E+00 \* 1.761E+01 \* 2.982E+00 \*-4.528E+01 \* \* 190. \*-3.617E+00 \*-8.049E+00 \* 3.971E+00 \* 3.515E+00 \*

\* 15. \*-2.012E+00 \* 2.363E+01 \* 4.776E+00 \*-5.169E+01 \* \* 195. \*-3.144E+00 \*-8.311E+00 \* 3.249E+00 \*-4.302E+00 \*

\* 20. \*-1.240E+00 \* 3.026E+01 \* 7.124E+00 \*-5.724E+01 \* \* 200. \*-2.765E+00 \*-7.504E+00 \* 2.552E+00 \*-1.181E+01 \*

\* 25. \*-1.210E-01 \* 3.732E+01 \* 1.007E+01 \*-6.185E+01 \* \* 205. \*-2.471E+00 \*-5.692E+00 \* 1.969E+00 \*-1.875E+01 \*

\* 30. \* 1.424E+00 \* 7.132E+00 \* 1.364E+01 \*-6.549E+01 \* \* 210. \*-2.241E+00 \*-2.981E+00 \* 1.584E+00 \*-2.487E+01 \*

\* 35. \* 3.265E+00 \* 1.466E+01 \* 1.459E+01 \*-6.818E+01 \* \* 215. \*-2.045E+00 \* 4.883E-01 \* 1.471E+00 \*-2.996E+01 \*

\* 40. \* 5.274E+00 \* 2.238E+01 \* 1.621E+01 \*-7.000E+01 \* \* 220. \*-1.842E+00 \* 4.543E+00 \* 1.687E+00 \*-3.385E+01 \*

\* 45. \* 7.538E+00 \* 3.011E+01 \* 1.850E+01 \*-7.106E+01 \* \* 225. \*-1.587E+00 \* 8.985E+00 \* 2.275E+00 \*-3.639E+01 \*

\* 50. \* 1.015E+01 \* 3.770E+01 \* 2.146E+01 \*-7.151E+01 \* \* 230. \*-1.229E+00 \* 1.360E+01 \* 3.260E+00 \*-3.748E+01 \*

\* 55. \* 1.318E+01 \* 4.505E+01 \* 2.507E+01 \*-7.153E+01 \* \* 235. \*-7.157E-01 \* 1.815E+01 \* 4.646E+00 \*-3.709E+01 \*

\* 60. \*-5.762E+00 \* 5.202E+01 \*-2.319E+01 \*-7.125E+01 \* \* 240. \* 4.525E-03 \* 2.242E+01 \* 6.420E+00 \*-3.521E+01 \*

\* 65. \*-8.479E+00 \* 6.313E+01 \*-1.816E+01 \*-7.072E+01 \* \* 245. \* 9.804E-01 \* 2.618E+01 \* 8.545E+00 \*-3.191E+01 \*

\* 70. \*-1.048E+01 \* 7.367E+01 \*-1.219E+01 \*-6.989E+01 \* \* 250. \* 2.255E+00 \* 2.922E+01 \* 1.097E+01 \*-2.729E+01 \*

\* 75. \*-1.163E+01 \* 8.351E+01 \*-5.323E+00 \*-6.863E+01 \* \* 255. \* 3.862E+00 \* 3.135E+01 \* 1.362E+01 \*-2.152E+01 \*

\* 80. \*-1.183E+01 \* 9.251E+01 \* 2.364E+00 \*-6.669E+01 \* \* 260. \* 5.826E+00 \* 3.243E+01 \* 1.641E+01 \*-1.486E+01 \*

\* 85. \*-1.098E+01 \* 1.005E+02 \* 1.079E+01 \*-6.381E+01 \* \* 265. \* 8.160E+00 \* 3.235E+01 \* 1.924E+01 \*-7.588E+00 \*

\* 90. \*-8.979E+00 \* 4.226E+01 \* 1.987E+01 \*-5.975E+01 \* \* 270. \* 1.086E+01 \* 3.105E+01 \*-2.298E+01 \*-5.609E-02 \*

\* 95. \*-6.126E+00 \* 4.784E+01 \* 2.381E+01 \*-5.432E+01 \* \* 275. \* 8.034E+00 \* 3.245E+01 \*-2.020E+01 \* 7.379E+00 \*

\* 100. \*-2.728E+00 \* 5.225E+01 \* 2.818E+01 \*-4.743E+01 \* \* 280. \* 5.576E+00 \* 3.266E+01 \*-1.735E+01 \* 1.436E+01 \*

\* 105. \* 1.266E+00 \* 5.526E+01 \* 3.289E+01 \*-3.909E+01 \* \* 285. \* 3.490E+00 \* 3.176E+01 \*-1.453E+01 \* 2.056E+01 \*

\* 110. \* 5.890E+00 \* 5.668E+01 \* 3.778E+01 \*-2.946E+01 \* \* 290. \* 1.766E+00 \* 2.986E+01 \*-1.184E+01 \* 2.571E+01 \*

\* 115. \* 1.116E+01 \* 5.634E+01 \* 4.273E+01 \*-1.882E+01 \* \* 295. \* 3.822E-01 \* 2.715E+01 \*-9.344E+00 \* 2.959E+01 \*

\* 120. \* 1.707E+01 \* 5.413E+01 \* 4.756E+01 \*-7.629E+00 \* \* 300. \*-6.919E-01 \* 2.382E+01 \*-7.117E+00 \* 3.204E+01 \*

\* 125. \* 2.360E+01 \* 5.004E+01 \* 5.212E+01 \* 3.556E+00 \* \* 305. \*-1.494E+00 \* 2.008E+01 \*-5.199E+00 \* 3.300E+01 \*

\* 130. \* 3.070E+01 \* 4.414E+01 \* 5.624E+01 \* 1.410E+01 \* \* 310. \*-2.068E+00 \* 1.616E+01 \*-3.617E+00 \* 3.244E+01 \*

\* 135. \*-6.702E+00 \* 3.661E+01 \*-7.724E+00 \* 2.339E+01 \* \* 315. \*-2.456E+00 \* 1.229E+01 \*-2.377E+00 \* 3.040E+01 \*

\* 140. \*-7.509E+00 \* 3.357E+01 \*-4.653E+00 \* 3.092E+01 \* \* 320. \*-2.704E+00 \* 8.690E+00 \*-1.464E+00 \* 2.696E+01 \*

\* 145. \*-7.934E+00 \* 2.942E+01 \*-1.897E+00 \* 3.635E+01 \* \* 325. \*-2.853E+00 \* 5.555E+00 \*-8.465E-01 \* 2.224E+01 \*

\* 150. \*-8.024E+00 \* 2.449E+01 \* 4.598E-01 \* 3.953E+01 \* \* 330. \*-2.937E+00 \* 3.071E+00 \*-4.755E-01 \* 1.641E+01 \*

\* 155. \*-7.834E+00 \* 1.910E+01 \* 2.364E+00 \* 4.048E+01 \* \* 335. \*-2.985E+00 \* 1.388E+00 \*-2.872E-01 \* 9.655E+00 \*

\* 160. \*-7.426E+00 \* 1.359E+01 \* 3.790E+00 \* 3.933E+01 \* \* 340. \*-3.017E+00 \* 6.275E-01 \*-2.064E-01 \* 2.182E+00 \*

\* 165. \*-6.862E+00 \* 8.242E+00 \* 4.741E+00 \* 3.631E+01 \* \* 345. \*-3.040E+00 \* 8.750E-01 \*-1.484E-01 \*-5.789E+00 \*

\* 170. \*-6.204E+00 \* 3.337E+00 \* 5.242E+00 \* 3.169E+01 \* \* 350. \*-3.052E+00 \* 2.179E+00 \*-2.289E-02 \*-1.403E+01 \*

\* 175. \*-5.507E+00 \*-9.005E-01 \* 5.343E+00 \* 2.577E+01 \* \* 355. \*-3.039E+00 \* 4.549E+00 \* 2.629E-01 \*-2.231E+01 \*

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*