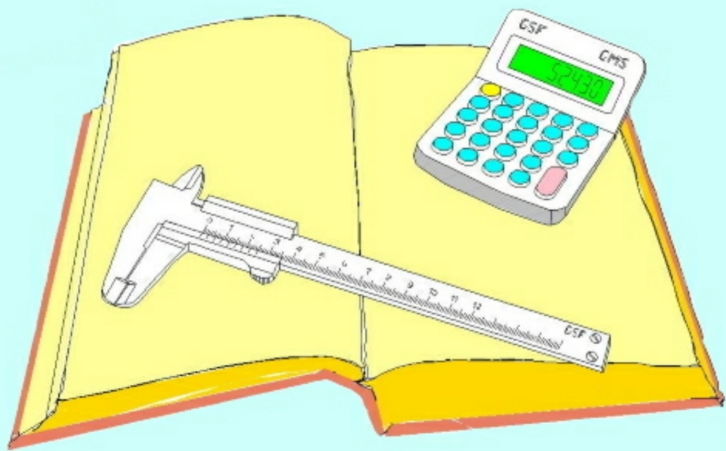


Сергей Гаврилов

Расчеты конструктору



Сергей Фёдорович Гаврилов

Расчеты конструктору

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=64130596

SelfPub; 2021

Аннотация

Инженер конструктор отдела гл.механика Гаврилов Сергей Фёдорович написал эту книгу для цеховых конструкторов -механиков, занимающихся обеспечением ремонта и модернизацией оборудования,. А также студентам в помощь при написании курсовых и дипломных работ. В книге собраны примеры часто встречающихся расчетов. Расчеты выполнены с цифровыми примерами и справочными таблицами, чертежами и схемами. Книга иллюстрирована большим количеством рисунков, облегчающим понимание материала. В конце книги приведен обширный список литературы по затронутым в книге темам. По приведенной ссылке можно скачать рабочие чертежи.

Содержание

Введение.	5
Вес фрагмента детали.	8
Расчеты геометрии.	24
Параметры сечений.	43
Разные расчеты элементов деталей машин.	69
Расчет клещевого захвата.	140
Конец ознакомительного фрагмента.	146

Сергей Гаврилов

Расчеты конструктору

26-Февр-2021 г..

Введение.

Инженер конструктор отдела гл.механика Гаврилов Сергей Фёдорович написал эту книгу для

цеховых конструкторов -механиков, занимающихся обеспечением ремонта и модернизацией оборудования, которым приходится заниматься широким кругом проблем и расчетов в условиях дефицита времени.

А также студентам в помощь при написании курсовых и дипломных работ.

В книге собраны примеры часто встречающихся, при работе конструктора, расчетов.

Расчеты выполнены с цифровыми примерами и справочными таблицами, чертежами и схемами.

Книга иллюстрирована большим количеством рисунков, облегчающим понимание материала. В конце книги приведен обширный список литературы по затронутым в книге темам.

По приведенной ссылке можно скачать рабочие чертежи.

Арифметические операции.

$15 = 5 * 3$; Пять умножить на три = 15...

$125 = 5 **3$; Пять в степени три = 125...

$125 = 5 **3$; Пять в степени три = 125...

$125 = 5 ^3$; Пять в степени три = 125...

$5 = \text{sqrt}(25)$; Извлечение квадратного корня из числа =

25..

$5 = 25^{0,5}$; Извлечение квадратного корня из числа = 25..

$5 = 125^{0,333(3)}$; Извлечение кубического корня из числа = 125..

$5 = 25^{**0,5}$; Извлечение квадратного корня из числа = 25..

(вариант).

$5 = 125^{**0,333(3)}$; Извлечение кубического корня из числа = 125.. (вариант).

$\sin(30) = 0,5 \dots \arcsin(0,5) = 30 \dots$ В этой строке Угол берется в градусах.

$\text{ctg}(a) = \tan(90 - a) \dots$ Перевод приведен для справки.. Угол берется в градусах.

Эвалюта угла (GR); – Угол в данный расчет берется в радианах.

$\text{Inv}(GR) = \tan(GR) - (GR)$;

Константы:

$\text{Pii} = 3,14159265358979324 \dots$ – Число Пи..

$\text{.cosa} = \cos 20 = 0,93969262078591$ – Косинус 20 градусов

$\text{.sinaa} = \sin 40 = 0,64278760968654$ – Синус 40 градусов

$\text{.tana} = \tan 20 = 0,3639702342662024$ – Тангенс 20 градусов

$\text{.inva} = 0,01490438386734$ – Эволюта 20 градусов

$\text{.kx} = 1,387048062$ – Коэф. постоянной хорды для прямоугольных без коррекции.

$\text{.hx} = 0,748$ – Коэф. высоты до хорды для прямоугольных без коррекции.

Примечание: Программа компиляции текста в эл.книгу

иногда переносит часть формулы на другую строку.

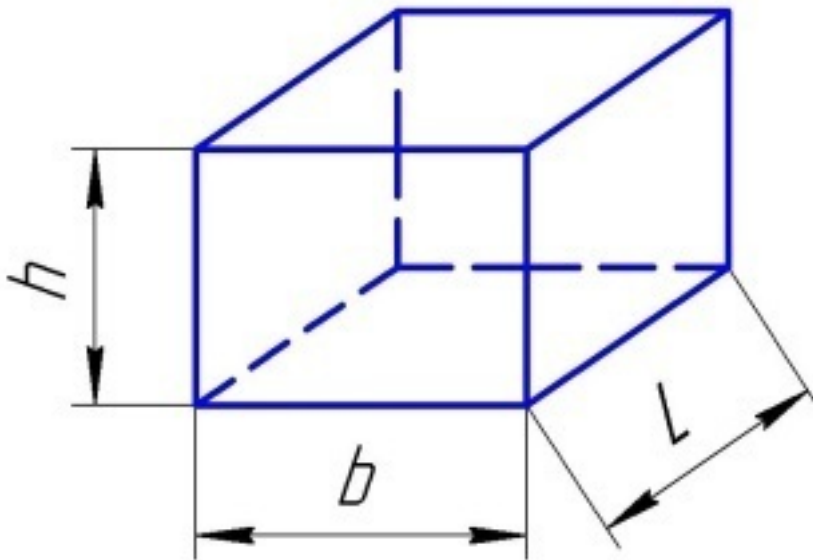
– в конце формулы всегда стоит точка. В тексте 400 градусов – значек градуса она превращает в ноль – в тексте эл.книги получается 4000 градусов. Если справочная таблица очень мелкая – смотрите в приложении.

Вес фрагмента детали.

Вес прямоугольного бруса.

Исходные данные: Все размеры в миллиметрах.

Плотность материала принята 7,85 т / куб.м..



Ширина бруса $b = 128$.

Высота бруса $h = 46$.

Длина бруса $L = 235$.

Расчет:

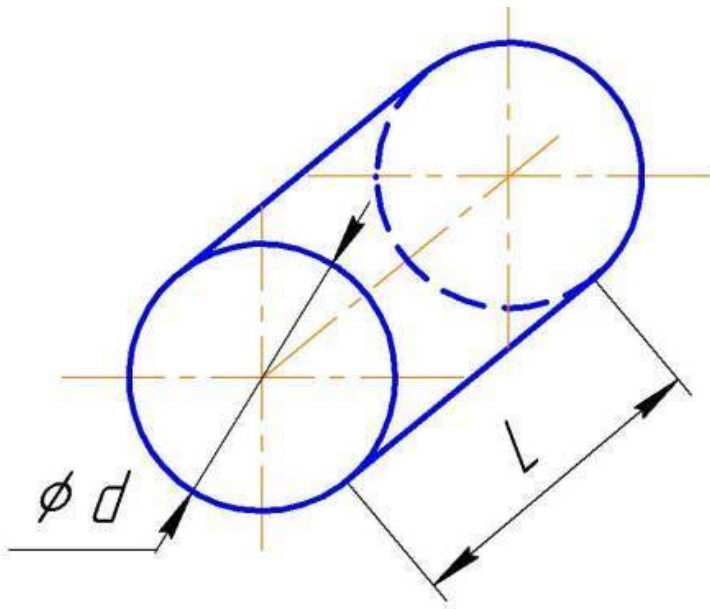
Масса бруса в кг: $Q = 7,85 * b * h * L / 1000000$;

$Q = 10,861888$ кг...

Плотность материала = 7850 кг / куб.м. (Сталь 30 ГОСТ 1050-88).

Вес круглого бруса.

Исходные данные:



Диаметр $d = 127$.

Длина $L = 390$.

Расчет:

Площадь поперечного сечения: $S = d * d * \Pi / 4$;

$$S = 127 * 127 * \Pi / 4$$

$$S = 12667,68698.$$

Масса бруса:

$$Q = 7,85 * S * L / 1000000;$$

$$Q = 7,85 * 12667,68698 * 390 / 1000000;$$

$$Q = 38,782124 \text{ кг.}$$

Вес трубы.

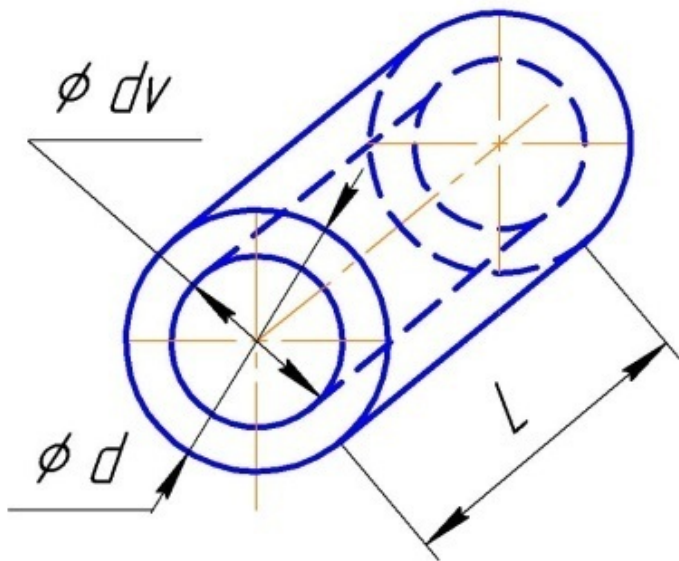
Исходные данные:

Наружный диаметр $d = 200$.

Внутренний диаметр $d_v = 100$.

Длина $L = 300$.

Плотность стали 7850 кг/куб.м.



Расчет:

$$S_n = d \cdot d \cdot \pi / 4; S_n = 200 \cdot 200 \cdot \pi / 4; S_n = 31415,92654 \dots$$

$$S_v = dv \cdot dv \cdot \pi / 4;$$

$$S_v = 100 \cdot 100 \cdot \pi / 4; S_v = 7853,981634 \dots$$

$$Q = 7,85 \cdot (S_n - S_v) \cdot L / 1000000; Q = 7,85 \cdot (23561,9449) \cdot 300 / 1000000;$$

$$Q = 55,48838 \text{ кг} \dots$$

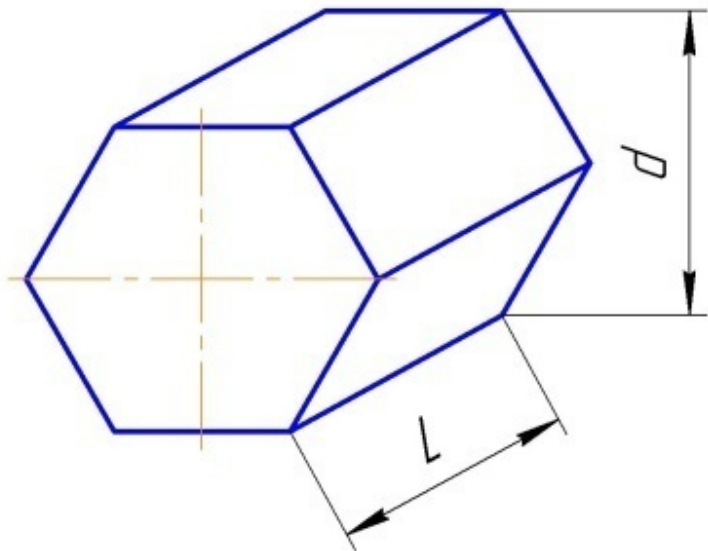
Вес правильного шестигранника.

Исходные данные:

Размер под ключ $S = 100$.

Длина бруса $L = 300$.

Плотность стали 7850 кг /куб. м.



Расчет:

$$Q = 7,85 * 0,866025403 * S * S * L / 1000000;$$

$$S_p = 0,866025403 * S * S \text{ .. Площадь кв.мм.}$$

$$Q = 7,85 * 0,866025403 * 100 * 100 * 300 / 1000000;$$

$Q = 20,3949 \text{ кг} \dots$

Вес прямоугольного треугольника.

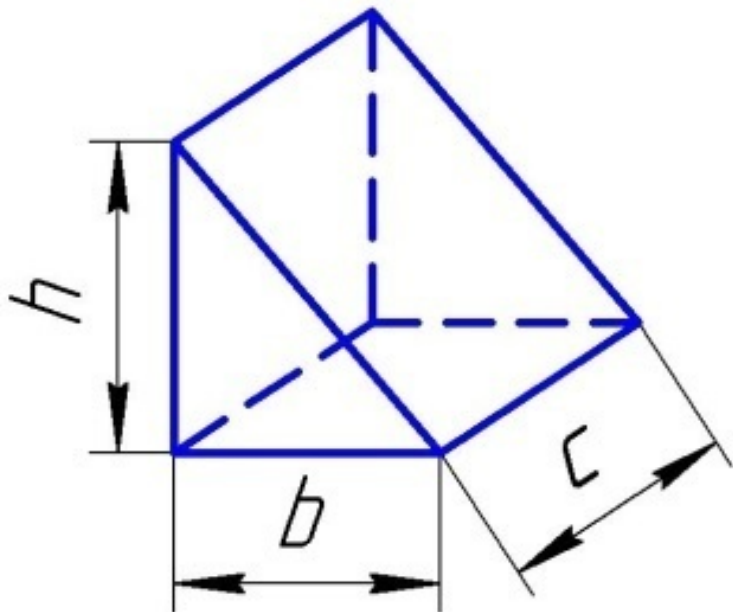
Брус.

В сечении прямоугольный треугольник.

Высота $h = 200$.

Основание $b = 160$.

Длина бруса $C = 300$.



Масса бруса в кг: $Q = 7,85 * b * h * C / 2000000$;

$Q = 7,85 * 200 * 160 * 300 / 2000000$;

$Q = 37,68$ кг...

Вес треугольника с разными сторонами.

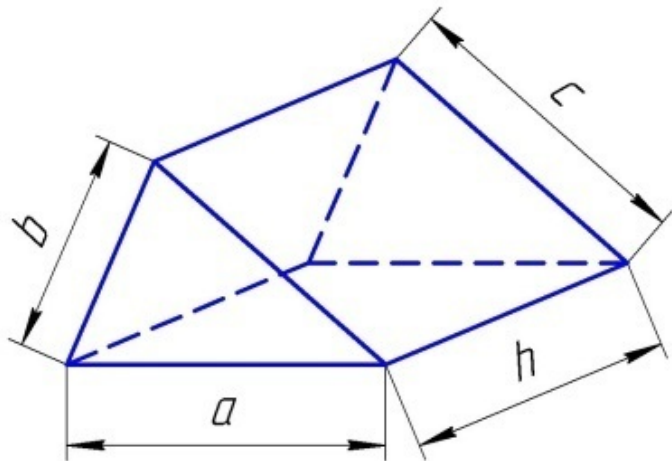
Брус – в сечении треугольник.

Сторона $a = 200$.

Сторона $b = 160$.

Сторона $c = 140$.

Длина бруса $h = 300$.



Расчет:

Материал – сталь $q = 7,85 \text{ т / куб.м.}$

Расчет:

$$.x = (b*b + c*c - (a*a)) / (2*b*c);$$

$$.x = ((160*160 + 140*140 - (200*200)) / (2*160*140));$$

$$.x = 0,116071428...$$

$$Ua = \arccos(x)...$$

$$Ua = 83,33457274...$$

Напротив стороны лежит одноименный угол..

Высота на сторону b :

$$Hb = c * \cos (90 - Ua);$$

$$Hb = 140 * 0,993240868 = 139,0537216...$$

Площадь треугольника:

$$S = b * Hb; S = 160 * 139,0537216 / 2 = 11124,29773 ...$$

Масса бруса:

$$Q = 7,85 * S * h; Q = 7,85 * 11124,29773 * 300 / 1000000;$$

$$Gsf = 461030/2725231222...$$

$$Q = 26,19772 \text{ кг..}$$

Вес трапеции.

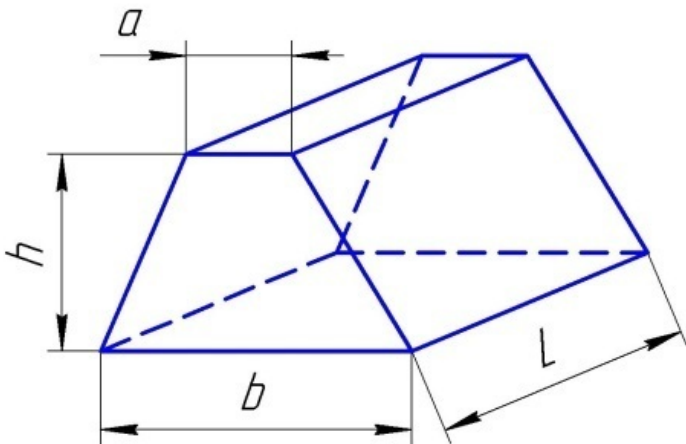
Основание $b = 300$.

Верх $a = 140$.

Высота $h = 160$.

Длина бруса $L = 400$.

Материал – сталь $q = 7,85 \text{ т / куб.м.}$



Расчет:

Площадь трапеции:

$$S = h \cdot (b + a) / 2; \quad S = 160 \cdot (300 + 140) / 2; \quad S = h \cdot (b + a) / 2; \quad S = 35200 \dots$$

Масса:

$$Q = 7,85 \cdot S \cdot L / 1000000; \quad Q = 7,85 \cdot 35200 \cdot 400 / 1000000; \\ Q = 110,528 \text{ кг} \dots$$

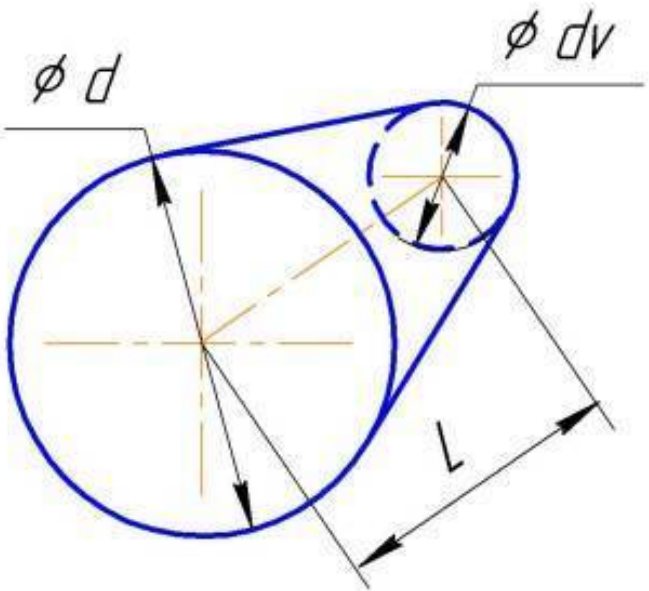
Вес усеченного конуса.

Брус в виде усеченного конуса.

Больший диаметр $d = 600$.

Меньший диаметр $d_v = 200$.

Длина бруса $L = 300$.



Объем усеченного конуса:

$$V = (L * \pi / 3) * (R_b * R_b + R_m * R_m + R_b * R_m);$$

$$V = (300 * \pi / 3) * (90000 + 10000 + 30000);$$

$$V = 40840704,5...$$

Масса бруса:

$$Q = 7,85 * V / 1000000; Q = 7,85 * 40840704,5 / 1000000;$$

$$Q = 320,59953 \text{ кг.}$$

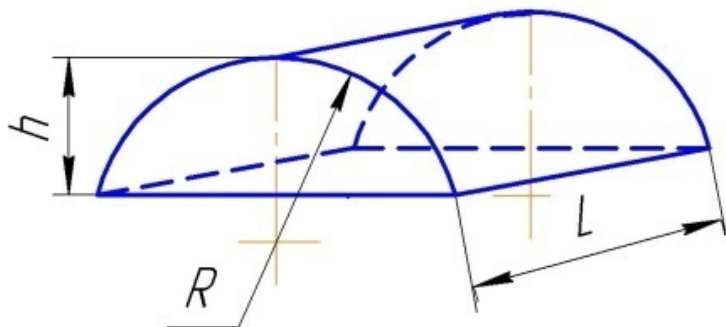
Вес сегмента круга.

Радиус сегмента $R = 300$.

Высота сегмента $h = 200$.

Длина бруса $L = 400$.

Материал – сталь $q = 7,85$ т / куб.м.



Расчет:

Диаметр круга:

$$d = R + R ; d = 300 + 300 ; d = 600 \dots$$

Площадь круга:

$$S_k = d * d * \pi / 4 ; S_k = 600 * 600 * \pi / 4 ; S_k =$$

$$282743,3388 \dots$$

Высота треугольника под сегментом:

$$a = R - h ; a = 300 - 200 ; a = 100 \dots$$

Половина основания треугольника:

$$b = \sqrt{(R * R) - (a * a)} ; b = \sqrt{(300 * 300) - (100 * 100)} ; b =$$

282,8427125...

Площадь треугольника:

$St = a * b$; $St = 100 * 282,8427125$; $St = 28284,27125...$

Угол из центра круга на концы сегмента:

$U = \arctan(b / a)$; $U = \arctan(282,8427125 / 100)$;

$U = 70,52877937...$

Площадь кругового сектора

$Ss = Sk * U * 2 / 360$; $Ss = 282743,3388 * 70,52877937 * 2 /$

360;

$Ss = 110786,3476...$

Площадь сегмента круга

$Sg = (Ss - St)$; $Sg = (55393,17378 - 28284,27125)$; $Sg =$

82502,07631...

$Q = 7,85 * Sg * L / 1000000$; $Q = 7,85 * 82502,07631 *$

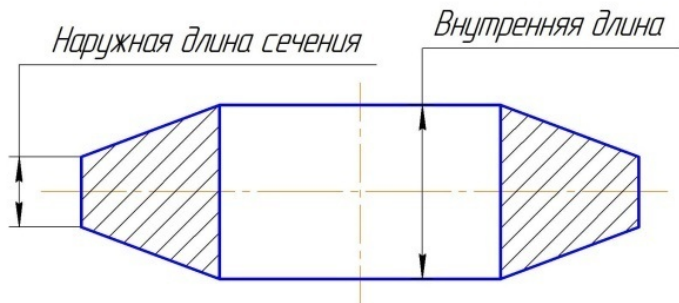
400 / 1000000;

$Q = 259,05652$ кг...

.....

Вес кольца.

Вес кольца с профилем в сечении в виде трапеции.



Расчет ведется так: Деталь разбивается на три элемента.

1 – Диск с наружным диаметром – равным диаметру кольца толщиной наружной длиной сечения.

2 – Два усеченных конуса с диаметром основания равным диаметру кольца.

С диаметром вершины равным диаметру отверстия.

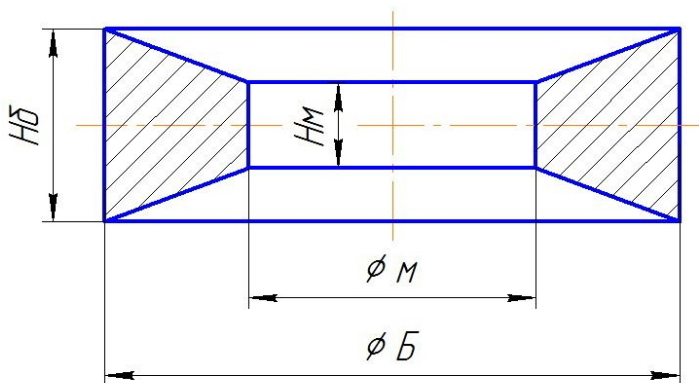
С высотой усеченного конуса равным $H = (\text{Внутренняя длина} - \text{Наружная длина}) / 2$..

3 – Отверстие считается как диск толщиной равной внутренней длине.

Вес считаем: $\text{Вес} = (\text{Вес диска} + \text{Вес усеченного конуса} * 2) - \text{Вес диска отверстия}$.

Алгоритмы расчета веса элементов приведены ранее.

Кольцо с профилем широким на наружном диаметре.



Деталь так же разбивается на три элемента.

1 – Диск с наружным диаметром – равным диаметру кольца ϕB и длиной H_b .

2 – Два усеченных конуса с диаметром основания равным диаметру кольца ϕB .

С диаметром вершины равным диаметру отверстия ϕm .

С высотой усеченного конуса равным $H = (H_b - H_m) / 2$..

3 – Отверстие считается как диск ϕm толщиной равной внутренней длине H_m .

Вес считаем: Вес = Вес диска ϕB – (Вес усеченного конуса * 2 + Вес диска отверстия).

Примечание: Часто приходится считать вес шкива клино-

ременной передачи.

Рассчитывают вес диска шкива не принимая во внимание канавки под ремни.

Рассчитывают вес вырезанного металла под одну канавку — как вес кольца.

Далее из веса диска шкива удаляют веса колец с профилем канавки клинового ремня.

.....

Расчеты веса элементов деталей быстрее выполнять используя программу. Программу можно скопировать из книги « Python 3 Расчет веса детали . ». Программа значительно экономит время и уменьшают вероятность ошибок в расчете.. Программы можно выполнить так же в Excel.

...

Примечание:

Для пересчета веса бруса из стали на вес бруса из другого материала —

умножаем вес стального бруса на коэффициент из таблицы В-01.

<u>Чугун серый</u> (7,1)	$k = 0,9045.$
<u>Алюминий кованный</u> (2,75)	$k = 0,35032.$
<u>Бронза оловянистая</u> (8,8)	$k = 1,121.$
<u>Латунь тянутая</u> (8,56)	$k = 1,0904.$
<u>Резина</u> (1,5)	$k = 0,1911.$
<u>Стекло оконное</u> (2,55)	$k = 0,32484.$
<u>Сосна сухая</u> (0,85)	$k = 0,1083.$
<u>Медь красная</u> (8,95)	$k = 1,14013.$
<u>ЦАМ подшипниковый</u> (6,3)	$k = 0,803.$
<u>Баббит 88</u> (7,35)	$k = 0,93631.$
<u>Свинец</u> (11,34)	$k = 1,4446$

Расчеты геометрии.

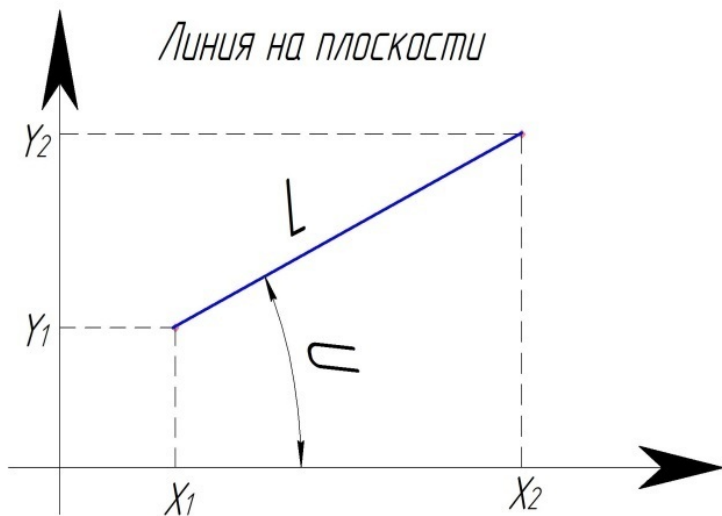
Отрезок на плоскости.

Исходные данные:

Даны координаты концов отрезка:

Абсцисса $x_1 = 10$; Ордината $y_1 = 20$;

Абсцисса $x_2 = 50$; Ордината $y_2 = 80$;



Расчет:

Длина отрезка:

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2};$$

$$L = \sqrt{(10 - 50)^2 + (20 - 80)^2};$$

$$L = \sqrt{5200}; L = 72,11102551\dots$$

Угол между осью X-X и отрезком:

$$U = \arctan((y_2 - y_1) / (x_2 - x_1));$$

$$U = \arctan(60 / 40); U = 56,30993247\dots$$

Отрезок в пространстве.

Исходные данные:

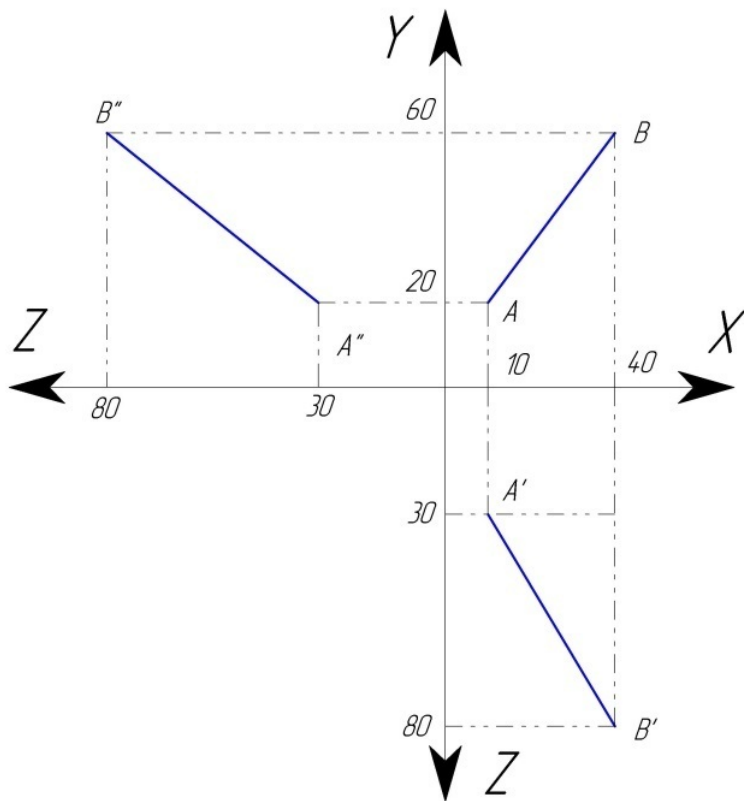
Абсцисса $x_1 = 10$; Ордината $y_1 = 20$;

Высота $z_1 = 30$;

Абсцисса $x_2 = 40$; Ордината $y_2 = 60$;

Высота $z_2 = 80$;

Примечание: Ось Z направлена в зенит.



Расчет:

Длина отрезка в пространстве:

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2};$$

Длина отрезка $L = 70,71068$;

Длина проекции отрезка на плоскость Y-Z:

$$L_{yz} = \sqrt{(y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2};$$

Длина отрезка $L_{yz} = 64,0312424$;

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2};$$

Длина проекции отрезка на плоскость X-Z:

$$L_{xz} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (z_1 - z_2)^2};$$

Длина отрезка $L_{xz} = 58,309519$;

Длина проекции отрезка на плоскость X-Y:

$$L_{xy} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2};$$

Длина отрезка $L_{xy} = 50$;

Углы между проекцией отрезка на плоскости и осью:

Угол между осью X-X и проекцией отрезка на плоскость X-Y.

$$U_{xy} = \arctan((y_2 - y_1)/(x_2 - x_1)); U_{xy} = 53,130102354...$$

Угол между осью X-X и проекцией отрезка на плоскость X-Z.

$$U_{xz} = \arctan((z_2 - z_1)/(x_2 - x_1)); U_{xz} = 59,036243468...$$

Угол между осью Y-Y и проекцией отрезка на плоскость Y-Z.

$$U_{yz} = \arctan((z_2 - z_1)/(y_2 - y_1)); U_{yz} = 51,340191746...$$

Определяем угол между плоскостью и отрезком в пространстве.

Угол между плоскостью X-Y и отрезком.

$$UL_{xy} = \arctan((z_2 - z_1)/L_{xy}); UL_{xy} = 45,0...$$

Угол между плоскостью X-Z и отрезком в пространстве.
 $UL_{xz} = \arctan((y_2 - y_1)/L_{xz})$; $UL_{xz} = 34,44990199\dots$

Угол между плоскостью Y-Z и отрезком в пространстве.
 $UL_{yz} = \arctan((x_2 - x_1)/L_{yz})$; $UL_{yz} = 25,104090250\dots$

Расчет линейной интерполяции.

Линейная интерполяция применяется при работе с табличными данными.

Из таблицы имеем две взаимосвязанных пары значений какой то функции.

Необходимо вычислить ординату при значении абсциссы близком взятой из таблицы пары абсцисс.

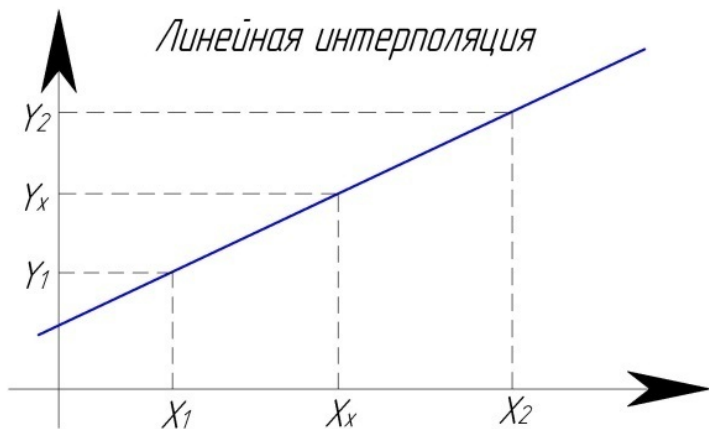
Например: Абсцисса $x_1 = 10$; Ордината $y_1 = 20$;

Абсцисса $x_2 = 90$; Ордината $y_2 = 180$;

Необходимо вычислить Ординату Y_x при Абсциссе $X_x = 50$;

Примечание: Абсцисса X_x может также быть немного больше

или меньше крайних значений известных табличных Абсцисс.



Расчет: RF-01.

$$Y_y = (((y_2 - y_1) * (X_x - x_1)) / (x_2 - x_1)) + y_1; \quad Y_y = (((180 - 20) * (50 - 10)) / (90 - 10)) + 20;$$

$$Y_y = (6400 / 80) + 20; \quad Y_y = 100;$$

Расчет центра масс.

Исходные данные:

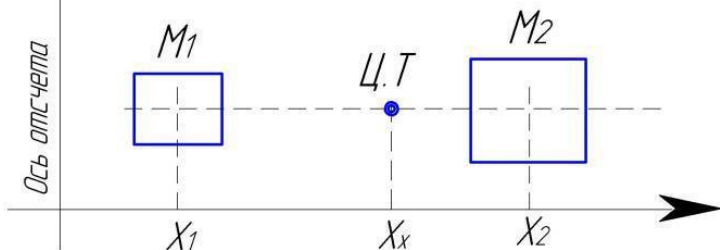
Масса первого тела $M_1 = 40$;

Масса второго тела $M_2 = 60$;

От оси до центра массы первого тела $X_1 = 20$;

От оси до центра массы второго тела $X_2 = 50$;

Центр масс двух тел



Расчет:

От оси до центра массы системы двух тел:

Рассчитываем как моменты масс относительно Оси отсчета. RF-02/

$$X_x = ((m_1 * x_1) + (m_2 * x_2)) / (m_1 + m_2); X_x = ((40 * 20) + (60 * 50)) / (40 + 60); X_x = 38 \dots$$

Суммарная масса системы двух тел:

$$M = m_1 + m_2; M = 40 + 60; M = 100 \dots$$

Расчет геометрии многогранника.

Многогранник:

Описанный диаметр d .

Вписанный диаметр d_v .

Ширина грани L .

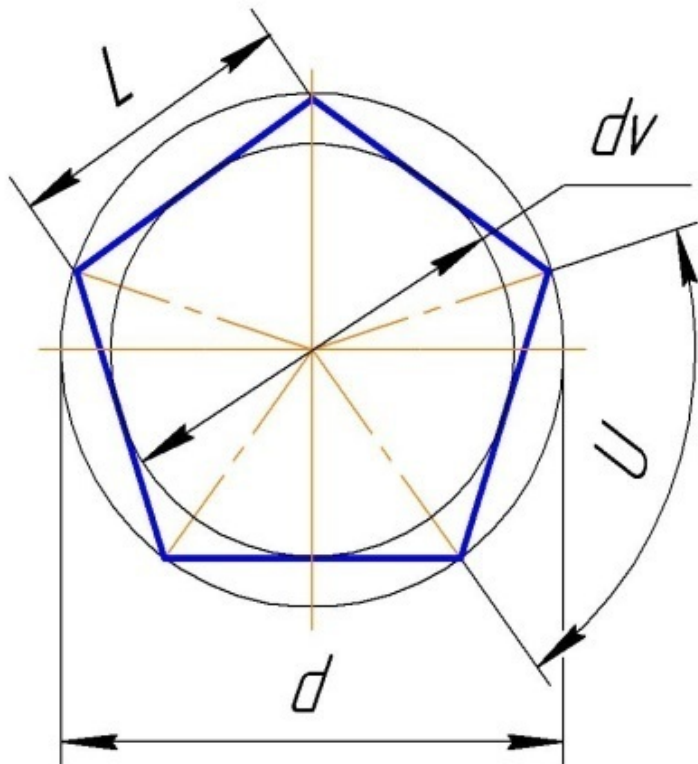
Угол между вершинами U .

Исходные данные:

Описанный диаметр $d = 100 \dots$

Вписанный диаметр $d_v = 80,90169943749474$.

Число граней многогранника $n = 5 \dots$



Расчет:

Половина угла на грань:

$$U_r = 180 / n; U_r = 180 / 5; U_r = 36 \dots$$

Расчет при известном описанном диаметре.

Радиус описанного диаметра:

$$R = d / 2; R = 100 / 2; R = 50 \dots$$

Радиус вписанной окружности:

$$R_v = (d/2) * \cos(U_r); R_v = 50 * \cos(36);$$

$$R_v = 40,45084972 \dots$$

Вписанный диаметр:

$$.dv = R_v + R_v; .dv = 40,45084972 + 40,45084972;$$

$$.dv = 80,90169944 \dots$$

Максимальный размер между вершинами:

$$X = d * (\cos (90 / n)) \dots$$

Ширина грани:

$$S_g = 2 * (\sqrt{ R * R - R_v * R_v }); S_g = 2 * (\sqrt{ 50 * 50 -$$

$$40,45084972 * 40,45084972 });$$

$$S_g = 58,77852523 \dots$$

Площадь многогранника:

$$S = (S_g * R_v * n) / 2; S = (58,77852523 * 40,45084972 *$$

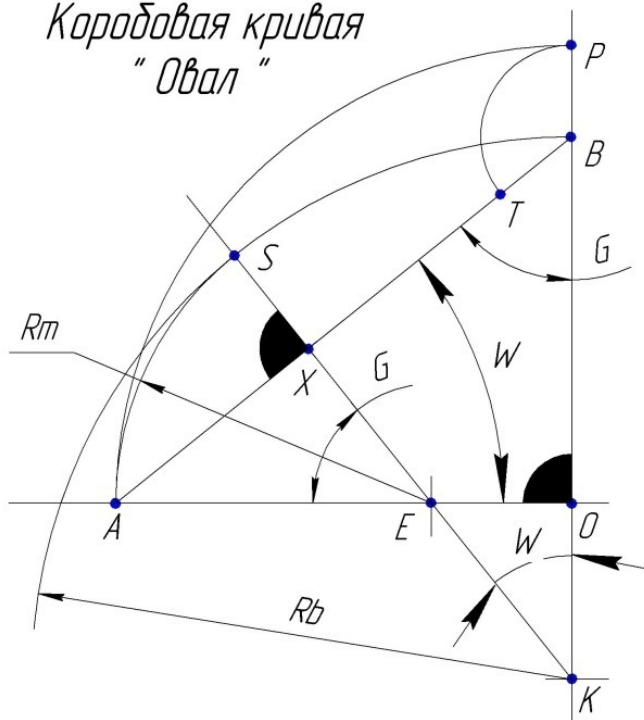
$$5) / 2; S = 5944,103227 \dots$$

Расчет геометрии коробовой кривой (овала).

Коробовая кривая – этой кривой можно с достаточной точностью заменить овальную кривую.

К примеру с помощью программы расчета геометрии ко-

Коробовая кривая
" Овал "



Задано:

Большая полуось $OA \dots OA = OP..$

Малая полуось ОВ.

Алгоритм Расчета:

ОА = ОР.. Построением..

Построением: РВ = ОА – ОВ; ТВ = РВ..

$AB = \sqrt{AO^2 + OB^2}$; АТ = АВ – ТВ; ХТ = АТ / 2;

Из подобия треугольников: АХ / АО = АЕ / АВ; отсюда:

АЕ = АХ*АВ / АО; аналогично: ВК = (АХ + ВТ) * АВ /

ВО;

ОЕ = ОА – АЕ; ОК = ВК – ОВ; ХВ = ХТ + ТВ = АХ + ВТ;

Для расчета площади сечения коробовой кривой :

Большой радиус Rb = KB; Зная стороны ВК и ХВ – находим угол сектора « W ».

Зная радиус Rb и угол сектора « W » – найдем площадь сектора.

Зная стороны ОК и ОЕ прямоугольного треугольника – найдем его площадь

и вычтем из площади сектора радиуса Rb.

Малый радиус Rm = EA; Зная угол « W » прямоугольного треугольника KXB

определяем угол сектора малого радиуса как:

G = 90 – W; Далее: определим площадь сектора малого радиуса.

Площадь сечения коробовой кривой найдена.

Найдем диаметр круга равный по площади заданной коробовой кривой:

$d = \sqrt{4 * S / \pi}$; Где S – площадь заданной коробовой

кривой.

Контрольный расчет:

Дано:

Большая ось = 80; Малая ось = 60;

Расчет:

Больший радиус = 50,0..

От оси до центра Б. радиуса = 20,0..

Меньший радиус = 25,0..

От оси до центра М. радиуса = 15,0..

Угол раствора Б. радиусов = 73,73979529168804..

Площадь ограниченная коробовой кривой =
3776,62456647;

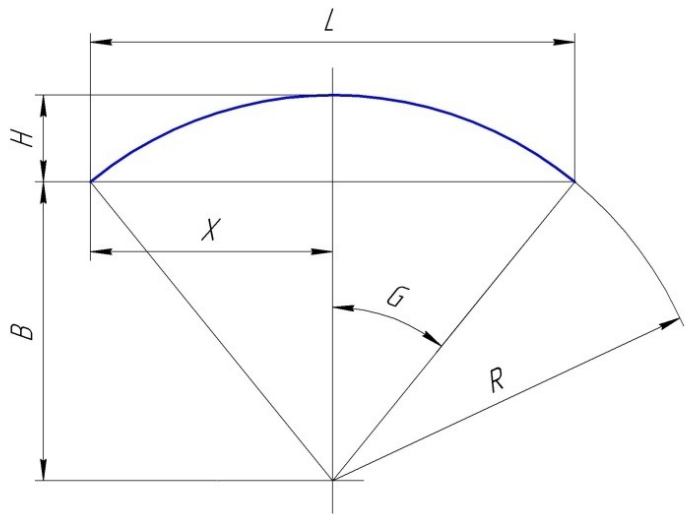
Диам. Круга равной площади = 69,34369289;

Геометрия радиусной кривой.

Все расчеты по разным вариантам исходных данных:

Хорда L; Прогиб Н; Радиус R; Угол G.

Эти расчеты часто требуются для нахождения элементов детали имеющих форму сегмента окружности.



Расчет производим из следующих соотношений:

$$B = \sqrt{R^2 - X^2}; L = 2X; H = R - B; G = \arcsin(X / R);$$

Длина дуги = $\pi * R * G / 90$;

Площадь сектора $S_s = \pi * R^2 * G / 180$;

Площадь треугольника под хордой $S_t = L * B / 2$;

Площадь сегмента (горбушки) $S_g = S_s - S_t$;

Некоторые комбинации данных не позволяют прямого расчета,

тогда применяем метод компьютерного подбора.

Контрольный расчет:

Радиус $R = 1000$;

Диаметр $D = R + R$; $D = 2000$; Хорда $L = 765,3668647$;

Стрела прогиба максимальная $H = 76,12046749$;

Угол: Центр – Хорда: $2 * G = A_u = 45$ градусов..

Площадь сектора круга с углом = A_u :

$S_k = \pi * D * D * A_u / (4 * 360)$; $S_k = 392699,0816987241$;

Площадь треугольника в секторе:

$S_t = (L/2) * B$; $S_t = 353553,3905932738$;

Площадь горбушки отсеченной хордой:

$S = S_k - S_t$; $S = 39145,69110545033$;

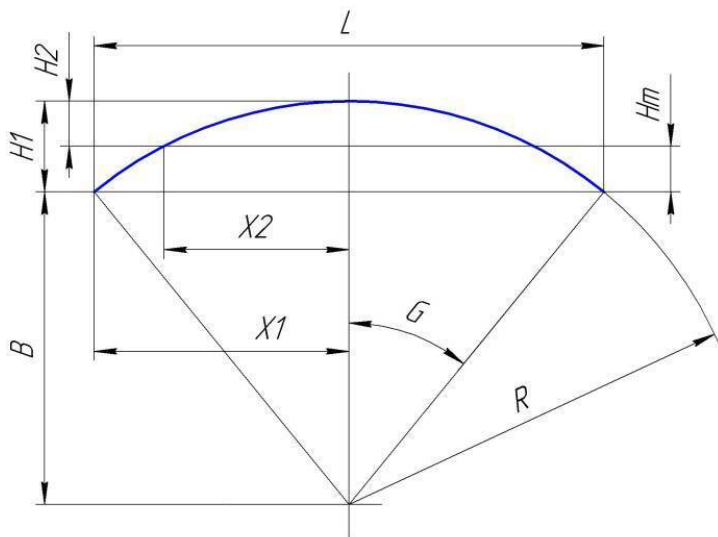
Длина дуги над хордой:

$L = \pi * D * A_u / 360$; $L = 785,3981634$;

Координаты радиусной кривой.

Построение части окружности методом подъема применяется тогда, когда радиус слишком велик

для традиционного построения, либо когда точка центра радиуса недоступна.



Построение части окружности методом подъема.

Построение:

Задаем максимальный размер хорды L .

Из середины максимальной хорды L строим перпендикуляр H_1 .

$$X_1 = L / 2; B = \sqrt{R^2 - X_1^2}; H_1 = R - B;$$

Определили максимальную стрелу прогиба кривой H_1 .

Далее задаем произвольное расстояние от центральной оси X_2 .

$$\text{Находим стрелу прогиба } H_2 = R - (\sqrt{R^2 - X_2^2});$$

Находим высоту подъема в точке X2: $H_m = H_1 - H_2$;

Задавая ряд текущих значений X2 и рассчитывая соответствующие высоты подъема H_m

– получаем достаточное количество точек,

для построения радиусной кривой по точкам на этой кривой.

Контрольный расчет:

Исходные данные:

Радиус $R = 10000$;

Хорда максимальная заданная $L = 8000$;

Подъем максимальный в центре хорды =
834,8486100883201.

Задаем ряд точек:

От центра хорды до точки по оси X-X = 3000,0.

Величина подъема (перпендикуляра) =
374,2406242577763.

...

От центра хорды до точки по оси X-X = 2000,0.

Величина подъема (перпендикуляра) =
632,8075812210318.

...

От центра хорды до точки по оси X-X = 1000,0.

Величина подъема (перпендикуляра) =
784,7229811545203.

...

От центра хорды до точки по оси X-X = 500,0.

Величина подъема (перпендикуляра) =
822,3407878074104.

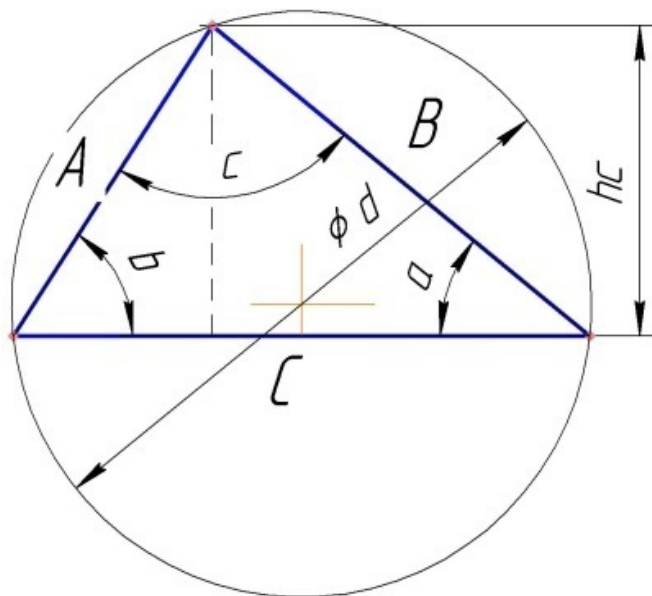
...

От центра хорды до точки по оси X-X = 0,001.

Величина подъема (перпендикуляра) =
834,848610088271.

Расчет геометрии треугольника.

Напротив сторон треугольника лежат одноименные углы.



Известны три стороны треугольника.

Напротив сторон треугольника лежат одноименные углы.

Сторона = a. Сторона = b. Сторона = c.

Решение:

$$.x=((b*b)+(c*c)-(a*a))/(2*b*c)... au=\arccos(x)... \text{ Угол A.}$$

$$.x=((a*a)+(c*c)-(b*b))/(2*a*c)... bu=\arccos(x)... \text{ Угол B.}$$

$$.cu=180-(au+bu)... \text{ Угол C.}$$

....

Известны две стороны и угол между ними.

Сторона = a; Сторона = b; Угол = cu..

Решение:

$$.c=\sqrt{((a*a)+(b*b)-(2*a*b*(\cos(cu)))... \text{ Сторона « c ».}$$

$$.x=((b*b)+(c*c)-(a*a))/(2*b*c)... au=\arccos(x)... \text{ Угол A.}$$

$$.x=((a*a)+(c*c)-(b*b))/(2*a*c)... bu=\arccos(x)... \text{ Угол B.}$$

.....

Известны два угла и сторона между ними.

Сторона = a; Угол = bu; Угол = cu;

Решение: $.au=180-(bu+cu)... \text{ Угол A. } .b=(a*(\sin(bu)))/(\sin(au))... \text{ Сторона B.}$

$$.c=(b*(\sin(cu)))/(\sin(bu))... \text{ Сторона C.}$$

.....

Добавочный расчет в алгоритм Треугольника.

Решение:

$R=a/(2*(\sin(au)))... R - \text{ Радиус описанной окружности.}$

$.hc=b*(\sin(au))... \text{ Высота из угла C.}$

$.hb = a * (\sin(cu))$... Высота из угла В.

$.ha = c * (\sin(bu))$... Высота из угла А.

$S = a * ha / 2$.. Площадь треугольника.

$Pe = a + b + c$.. Периметр.

$.rv = (S * 2) / Pe$... Радиус вписанной окружности.

.....

Контрольный расчет:

Напротив сторон треугольника лежат одноименные углы.

Сторона А = 15,77350269;

Сторона В = 14,14213562;

Сторона С = 11,54700538;

Угол А = 75; Угол В = 60; Угол С = 45..

Высота А = 10; Высота В = 11,1535507;

Высота С = 13,66025403;

Описанный радиус = 8,164965804;

Вписанный радиус = 3,804268442;

Площадь = 78,86751346;

.....

Параметры сечений.

Расчет параметров сечения круга.

Сечение – Круг:

Диаметр круга d .

Контрольный расчет:

Круглое сечение: Диаметр = 80;

$S=5026,548246$; J_{xx} = 2010619,298;

$W_{xx}=50265,48246$... $i=20,0$...

Решение:

$S=d*d*\pi/4$... Площадь круга.

$W_r=\pi*d*d*d/16$... Момент сопротивления радиальный.

$W_x=W_r/2$... Момент сопротивления изгибу.

$J_r=W_r*d/2$... Момент инерции радиальный.

$J_x=J_r/2$... Момент инерции по оси X-X.

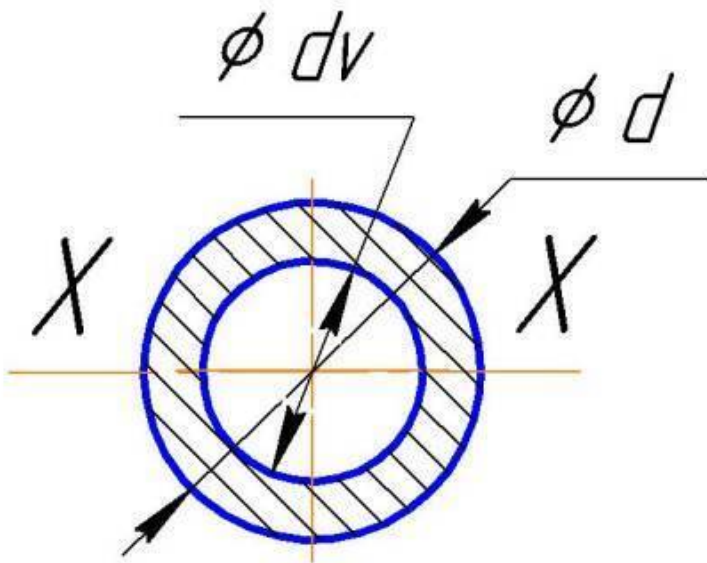
$r_m=\sqrt{J_x/S}$... Радиус инерции оси X-X.

Расчет параметров трубного сечения.

Сечение – трубное.

Наружный диаметр d .

Внутренний диаметр d_v .



$.x=(d-dv)/2 \dots$ Толщина стенки трубы.

$.sn=d*d*\text{Pii}/4 \dots$ Площадь отверстия.

$.sv=dv*dv*\text{Pii}/4 \dots$ Площадь по внешнему контуру.

$.s=sn-sv \dots$ Площадь трубного сечения.

$.jrn=\text{Pii}*(d**4)/32 \dots$

$.jrv=\text{Pii}*(dv**4)/32 \dots$

$.jr=jrn-jrv \dots$ Момент инерции радиальный.

$.jx=jr/2 \dots$ Момент инерции по оси X-X.

$.wr=jr*2/d \dots$ Момент сопротивления радиальный.

$.w_x = w_r/2$... Момент сопротивления изгибу.

$.r_m = \sqrt{J_x/s}$... Радиус инерции оси X-X.

Контрольный расчет:

Круглое трубное сечение: Диаметр = 80; Отв. $\Phi = 60$..

Площадь сечения $S=2199,11485751$;

$J_{xx} = 1374446,785946$; $W_{xx} = 34361,1696486$.. $i=25,0$..

.....

Расчет параметров сечения прямоугольника.

Сечение – Прямоугольник.

Высота сечения h .

Ширина сечения b .

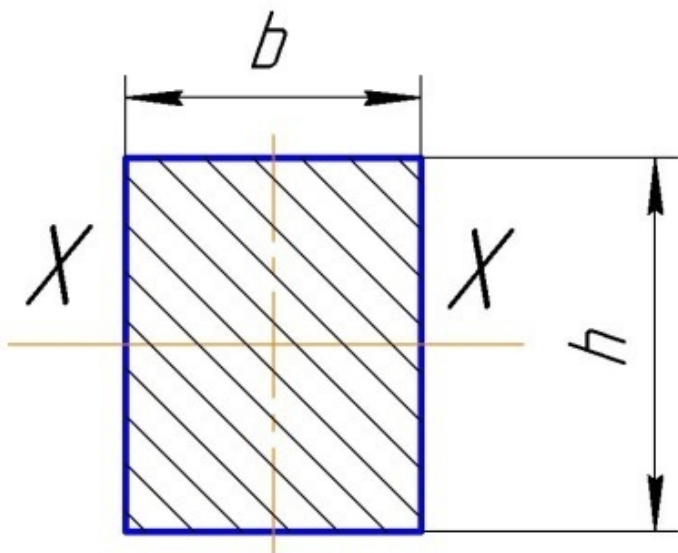
Контрольный расчет:

Прямоугольное сечение: Высота = 80; Ширина = 60..

$S=4800$; $J_{xx} = 2560000$; $W_{xx} = 64000$..

$J_{yy} = 1440000$; $W_{yy} = 48000$.. $i=17,320510$...

Диагональ = 100..



$.s=h*b$... Площадь прямоугольника.

$.dg = \sqrt{(b*b)+(h*h)}$... Диагональ прямоугольника.

$.jx=b*h*h*h/12$... Момент инерции по оси X-X.

$.wx=b*h*h/6$... Момент сопротивления изгибу по оси X-X.

$.jy=h*b*b*b/12$... Момент инерции по оси Y-Y.

Выбираем меньшее значение момента инерции « j min ».

$.rm=\sqrt{j \text{ min}/s}$... Радиус инерции минимальный.

Расчет параметров сечения прямоугольной трубы.

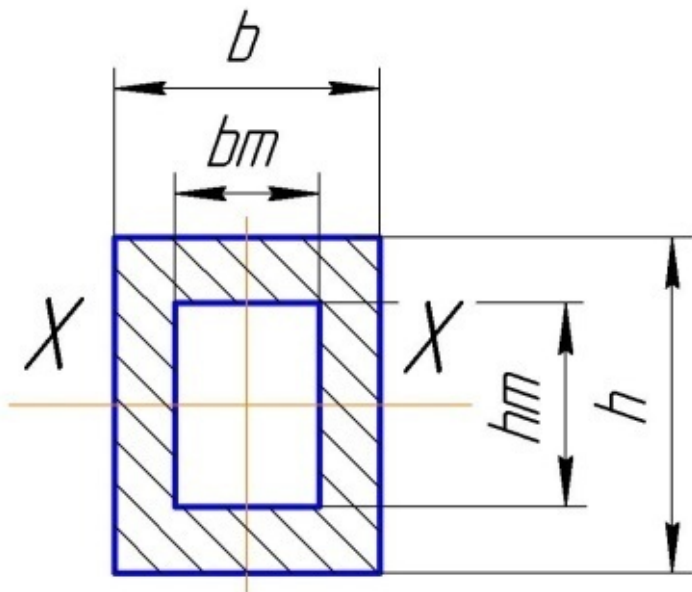
Сечение – Прямоугольная труба.

Высота сечения h .

Ширина сечения b .

Высота отверстия h_m .

Ширина отверстия b_m .



Расчет:

$.s=(h*b)-(hm*bm)...$ Площадь сечения прямоугольной трубы.

$.j_x=(b*h*h*h/12)-(bm*hm*hm*hm/12)...$ Момент инерции по оси X-X.

$.w_x=2*j_x/h...$ Момент сопротивления изгибу по X-X.

$.j_y=(h*b*b*b/12)-(hm*bm*bm*bm/12)...$ Момент инерции по оси Y-Y.

$.w_y=2*j_y/b...$ Момент сопротивления изгибу по Y-Y.

Выбираем меньшее значение момента инерции « j min ».

$.r_m=\sqrt{j \text{ min}/s)...$ Радиус инерции минимальный.

Контрольный расчет:

Прямоугольная труба.

Высота = 80;

Высота отв.= 60;

Ширина = 60..

Ширина отв.= 40..

$S=2400; J_{xx}=1840000; W_{xx}=46000.. J_{yy}=1120000; W_{yy}=37333,(3)...$

$.i=21,60246899...$ Диагональ = 100..

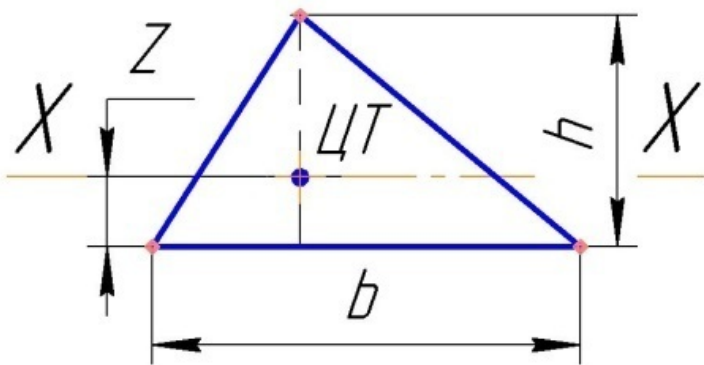
Расчет параметров сечения треугольника.

Сечение – Треугольник.

Высота треугольника h.

Основание треугольника b.

Центр тяжести ЦТ. От основания до ЦТ размер Z.



Расчет:

$S_k = (h \cdot b) / 2$... Площадь сечения.

$J_{xk} = b \cdot h \cdot h^3 / 36$... Момент инерции по оси X-X.

Для волокна вершины треугольника:

$M_{ik} = J_{xk} / (h^2 / 3)$... Момент сопротивления изгибу по оси X-X.

Для волокна основания треугольника:

$M_{io} = J_{xk} / (h^2 / 3)$... Момент сопротивления изгибу по оси X-X.

$R_k = \sqrt{J_{xk} / S_k}$... Радиус инерции сечения.

$Z = h / 3$... Высота Ц.Т. от основания.

Контрольный расчет:

Треугольное сечение: Высота=80; Основание=60;

$S=2400$; $Z=26,6(6)$; от подошвы до центра тяжести..

$J_{xx}=853333,3(3)$; $W_{xp}=32000,0$; для нижних волокон..

$W_{xv}=16000,0$; ... для верхних волокон..

$i=18,85618083$..

Расчет параметров сечения тавра.

Сечение – Тавр.

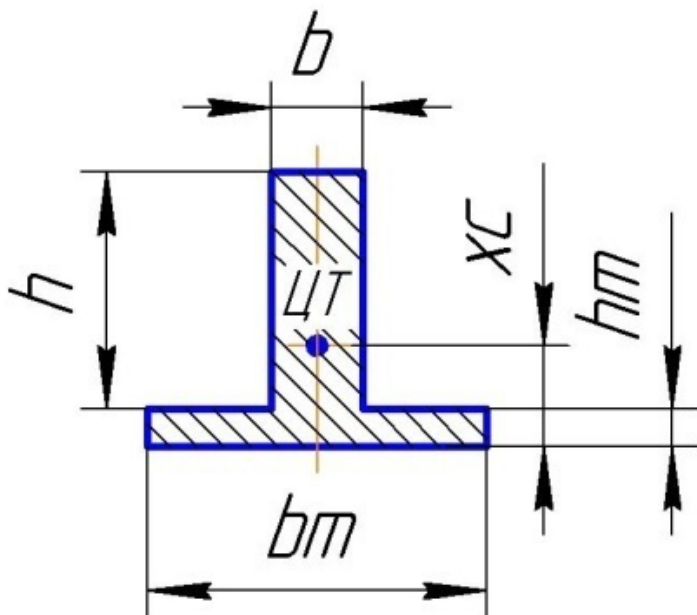
Высота пера h .

Толщина пера b .

Высота подошвы h_m .

Ширина подошвы b_m .

Центр тяжести ЦТ. От подошвы до ЦТ расстояние x_c .



Контрольный расчет:

Тавровое сечение:

Высота ребра = 80.. Толщина ребра = 20..

Ширина подошвы = 60.. Толщина подошвы = 40..

Площадь $S=4000$..;

$X\text{C}=44,0$..; от подошвы до центра тяжести..

$J_{xx}=4629333, (3)$..

$X-X$ – параллельна подошве..

$W_{xx}=60912,28070175;..$ минимальное..

$J_{yy}=773333,(3)..\;$

$W_{yy}=25777,(7);..$

Радиус инерции $i=13,90444..$ минимальное..

.....

Расчет:

$.s=(h*b)+(h_m*b_m)...$ Площадь сечения тавра.

$.j_1=b*h*h^3/12...$ Момент инерции пера относительно

Ц.Т. пера.

$.j_2=b_m*h_m*h_m^3/12...$ Момент инерции подошвы от-

носительно Ц.Т. подошвы.

$.f_1=h*b...$ Площадь пера.

$.f_2=h_m*b_m...$ Площадь подошвы.

$.x_1=(h/2)+h_m...$

$.x_2=h_m/2... G_{sf} = 461030/2725231222...$

Центр тяжести тавра от низа подошвы « хс ».

$.x_c=((f_1*x_1)+(f_2*x_2))/(f_1+f_2)...$

$.r_1=((h/2)+h_m)-x_c...$ Радиус ц.т. пера от ц.т. тавра.

$.r_2=x_c-(h_m/2)...$ Радиус ц.т. подошвы от ц.т. тавра.

$.j_{x1}=j_1+(r_1*r_1*f_1)...$ Момент инерции смещенного пера.

$.j_{x2}=j_2+(r_2*r_2*f_2)...$ Момент инерции смещенной по-

дошвы.

$.j_x=j_{x1}+j_{x2}...$ Момент инерции тавра по Х.

$.w_x=j_x/((h+h_m)-x_c)...$ Момент сопротивления изгибу тав-

ра по Х.

$.j_{y1}=h*b*b^3/12...$

$$.jy2=hm*bm*bm*bm/12...$$

.jy=jy1+jy2... Момент инерции тавра по Y.

.wy=jy/(bm/2)... Момент сопротивления изгибу тавра по

YY.

Выбираем меньшее значение момента инерции « j min ».

.rm=sqrt(j min/s)... Радиус инерции минимальный.

Расчет параметров сечения рельса.

Высота головки = h.

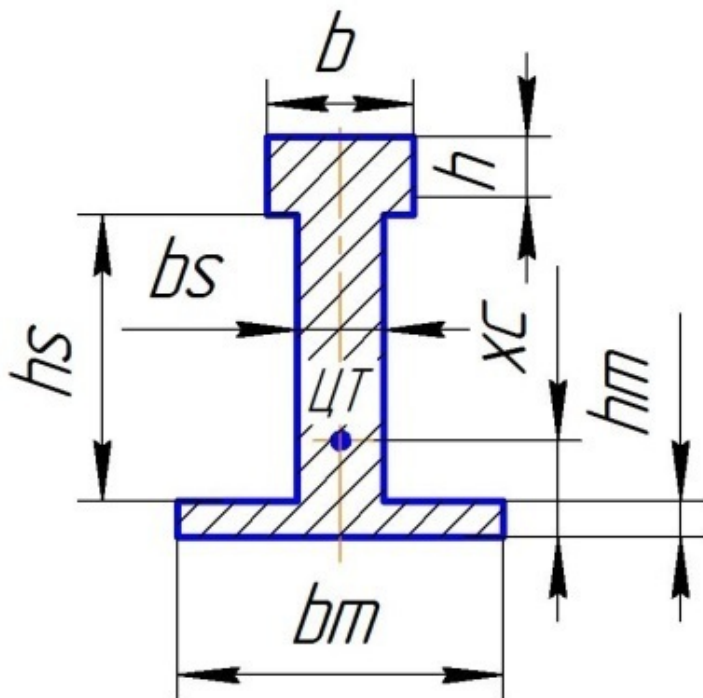
Ширина головки = b.

Высота стенки = hs.

Толщина стенки = bs.

Ширина подошвы = bm.

Толщина подошвы = hm.8888



Контрольный расчет:

Сечение типа Рельс:

Высота головки = 40..

Ширина головки = 60..

Высота ребра = 80..

Толщина ребра =20..

Ширина подошвы = 100..

Толщина подошвы = 10..

$S=5000.$;

$X_C = 69,80.$..; от подошвы до центра тяжести..

$J_{xx} = 9886466, (6).$..

X-X – параллельна подошве..

$W_{xx} = 141639,923591$.. минимальное..

$J_{yy} = 1606666, (6).$..

$W_{yy} = 32133, (3).$..

$i = 17,925773$.. минимальное..

.....

Расчет:

$.s = (h*b) + (h_m*b_m) + (h_s*b_s)$... Площадь сечения рельса.

$.j_1 = b*h*h^3/12$... Момент инерции головки относительно собственного Ц.Т.

$.j_2 = b_s*h_s*h_s^3/12$... Момент инерции стенки относительно собственного Ц.Т.

$.j_3 = b_m*h_m*h_m^3/12$... Момент инерции подошвы относительно собственного Ц.Т.

$.f_1 = h*b$... Площадь головки.

$.f_2 = h_s*b_s$... Площадь стенки.

$.f_3 = h_m*b_m$... Площадь подошвы.

$.x_1 = (h/2) + h_s + h_m$...

$.x_2 = (h_s/2) + h_m$...

$.x_3 = h_m/2$...

Центр тяжести рельса от подошвы « хс ».

$$.xc=((f1*x1)+(f2*x2)+(f3*x3))/(f1+f2+f3)...$$

.r1=((h+hs+hm)-h/2)-xc... Радиус ц.т. головки от ц.т. рельса.

$$.r2=((hs/2)+hm)-xc... Радиус ц.т. стенки от ц.т. рельса.$$

$$.r3=xc-(hm/2)... Радиус ц.т. подошвы от ц.т. рельса.$$

.jx1=j1+(r1*r1*f1)... Момент инерции смещенной головки.

.jx2=j2+(r2*r2*f2)... Момент инерции смещенной стенки.

.jx3=j3+(r3*r3*f3)... Момент инерции смещенной подошвы.

$$.jx=jx1+jx2+jx3... Момент инерции рельса по ХХ.$$

.wx1=jx/((h+hs+hm)-xc)... Момент сопротивления изгибу рельса по ХХ.

$$.wx=jx/xs... Момент сопротивления изгибу рельса по ХХ.$$

Берем меньшее значение W из двух значений...

$$.jy1=h*b*b*b/12...$$

$$.jy2=hm*bm*bm*bm/12...$$

$$.jy3=hs*bs*bs*bs/12...$$

$$.jy=jy1+jy2+jy3... Момент инерции рельса по Y.$$

Выбор максимально удаленной части для оси Y-Y.

.wy=jy/(b/2)... Момент сопротивления изгибу рельса по YY.

.wy=jy/(bm/2)... Момент сопротивления изгибу рельса по YY.

Берем меньшее значение W из двух значений...

Выбираем меньшее значение момента инерции « j ».

$.rm=\sqrt{j_x/s}...$

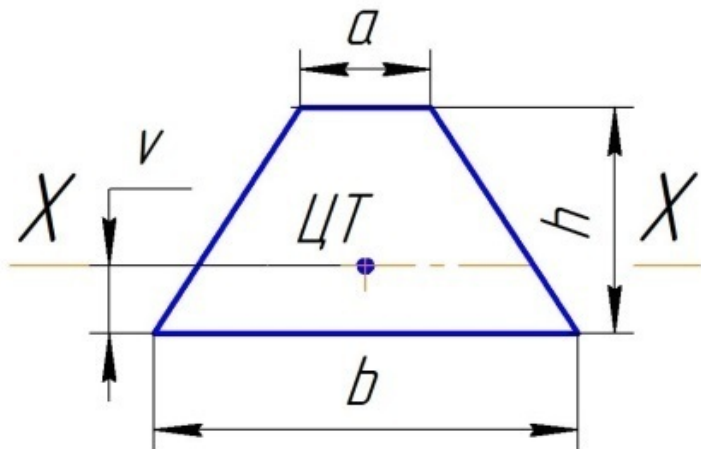
$.rm=\sqrt{j_y/s}...$

Расчет параметров сечения трапеции.

Высота трапеции = h .

Верх трапеции = a .

Основание трапеции = b .



Ведем расчет по классическим формулам 14-03-2020 г..

$Pii = 3,141592654...$ Число Пи.

$.x=(b-a)/2..$

$$y=(h*h)+(x*x)..\$$

.ab=sqrt(y).. # Извлекаем квадратный корень (Боковая грань трапеции).

$$xx=((a+x)*(a+x))+(h*h)..\$$

.dt=sqrt(xx).. # Извлекаем квадратный корень (Диагональ трапеции).

$$Ugrx=h/x..\$$

Ugr=arctan(Ugrx).. # АрксТангенс от Ugrx в радианах.

Ug=Ugr*180/Pii.. # Угол в градусах...(Угол при основании).

$$.s=h*(b+a)/2.. \text{Площадь трапеции.}$$

Далее расчет по оси X-X (Ось X-X параллельна основанию).

Разложим трапецию на два треугольника и на прямоугольник.

$$Sp=a*h.. \text{\# Площадь прямоугольника.}$$

$$Jp=h*h*h*a/12.. \text{\# Момент инерции прямоугольника.}$$

$$St=((b-a)/2)*h/2.. \text{\# Площадь одного треугольника.}$$

$$.x=(b-a)/2.. \text{\# Основание одного треугольника.}$$

$$Jt=h*h*h*x/36.. \text{\# Момент инерции одного треугольника.}$$

$$.yt=h/3.. \text{\# Нейтральная ось от основания треугольника.}$$

Центр тяжести системы от основания (нейтральная ось).

$$.z=((((St+St)*yt)+(Sp*h/2)))/(St+St+Sp).. \text{(На рисунке z обозначена как V).}$$

Момент инерции двух треугольников со смещенным

центром.

$.at=z-yt..$ # Смещение центра тяжести треугольников относительно Ц.Т. трапеции.

Момент инерции двух треугольников по X-X со смещенным центром.

$$J_{ts}=2*(J_t+at*at*(St))..$$

Момент инерции прямоугольника по X-X со смещенным центром.

$.ar=z-(h/2)..$ # Смещение центра прямоугольника относительно Ц.Т. трапеции.

$J_{ps}=J_p+ar*ar*Sp..$ Момент инерции прямоугольника по X-X со смещенным центром.

$$.jx=J_{ps}+J_{ts}..$$
 # Момент инерции трапеции по оси XX.

$$.v=z..$$
 # От основания – до нейтральной оси трапеции.

$.wxv=jx/(h-v)..$ # Момент сопротивления изгибу для верхнего основания X-X.

$.wxn=jx/v..$ # Момент сопротивления изгибу для нижнего основания X-X.

$$.xr=jx/(Sp+St+St)..$$
 # jx / Площадь трапеции.

$R_{ix}=\sqrt{xr}..$ # Извлекаем квадратный корень (Радиус инерции).

Далее расчет по оси YY.

Разложим трапецию на два треугольника и на прямоугольник.

$$Sp=a*h..$$
 # Площадь прямоугольника.

$$J_{pu}=a*a*a*h/12..$$
 # Момент инерции прямоугольника.

...

$St = ((b-a)/2) * h / 2$.. # Площадь одного треугольника.

$hy = (b-a)/2$.. # Высота одного треугольника.

$Jty = hy * hy * hy * h / 36$.. # Момент инерции одного треугольника Y-Y.

$yty = hy / 3$.. # Нейтральная ось от основания треугольника.

$ytyc = yty + (a/2)$.. # Нейтральная ось треугольника от оси Y-Y.

Момент инерции двух треугольников со смещенным центром.

$ytyc$ – Смещение центра треугольников от оси Y-Y.

$Jtsy$ – Момент инерции двух треугольников по Y-Y со смещенным центром.

$Jtsy = 2 * (Jty + ytyc * ytyc * (St))$..

Jpy – Момент инерции прямоугольника (смещения нет).

$jyy = Jpy + Jtsy$.. # Момент инерции трапеции по оси Y-Y.

$wyv = jyy / (b/2)$.. # Момент сопротивления изгибу для Y-Y.

$xr = jyy / (Sp + St + St)$.. # (jx / Площадь трапеции).

$Riy = \sqrt{xr}$.. # Извлекаем квадратный корень (Радиус инерции по Y-Y).

Контрольный расчет:

Сечение в виде симметричной трапеции.

Высота трапеции = 30.

Основание трапеции = 50.

Верх трапеции = 20.

...

Боковая грань трапеции = 33.54102.

Диагональ трапеции = 46.097722.

Угол при основании = 63.434949 Градус.

Площадь трапеции = 1050.0.

Далее расчет по оси X-X.

Момент инерции по X-X одного треугольника $J_t = 11250.0$.

Центр тяжести системы X-X от основания = 12.8571.

Момент инерции двух треугольников по X-X со смещенным центром. = 26173.4694.

Момент инерции прямоугольника по X-X со смещенным центром. = 47755.102.

Момент инерции трапеции по оси XX. = 73928.5714.

Момент сопротивл. изгибу по оси XX. = 4312.5 верх; 5750.0 низ;

Радиус инерции оси X-X = 8.391..

Далее расчет по оси Y-Y.

Момент инерции по Y-Y одного треугольника $J_t = 2812.5..$

Момент инерции двух треугольников по Y-Y со смещенным центром. = 106875.0..

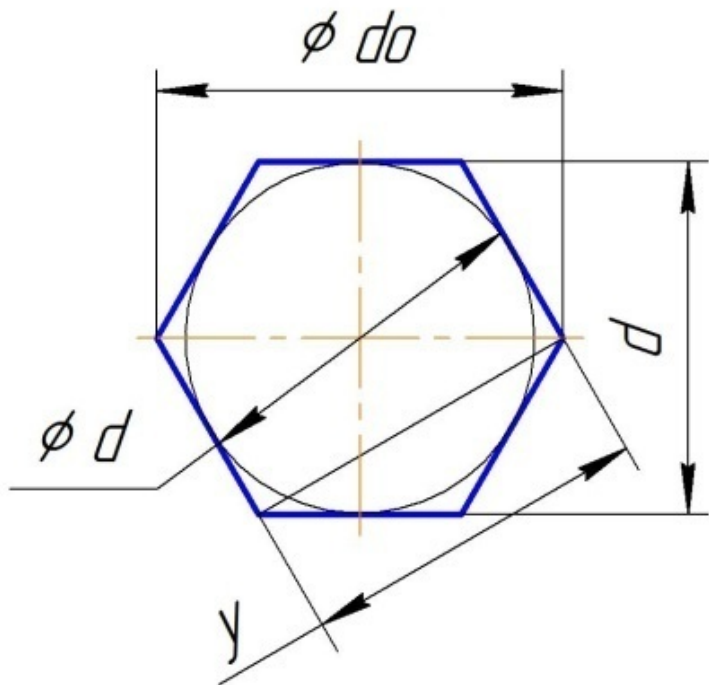
Момент инерции прямоугольника по оси Y-Y (смещения нет) = 20000.0..

Момент инерции трапеции по оси Y-Y. = 126875.0..

Момент сопротивл. изгибу по оси Y-Y. = 5075.0..

Радиус инерции оси Y-Y = 10.9924..

Расчет параметров сечения шестигранника.



Ось XX проходит через вершины на описанном диаметре d_o .

.d – Вписанный диаметр (размер под ключ).

$.ss=0,866025403*d*d$... Площадь шестигранника через вписанный диаметр.

$.do=1,154700538*d$... Описанный диаметр.

$.ss=0,6495190528*do*do$... Площадь шестигранника через описанный диаметр.

$.ls=do/2$... Длина грани.

Для дальнейшего расчета представим шестигранник.

Как две трапеции соединенные основаниями.

Далее расчет заимствуем из расчета трапеции.

$.h=d/2$... Высота трапеции.

$.a=do/2$... Верх трапеции (Длина грани).

$.b=do$... Основание трапеции.

Далее расчет трапеции:

$.s=h*(b+a)/2$.. Площадь трапеции.

Далее расчет по оси X-X (Ось X-X параллельна основанию)..

Разложим трапецию на два треугольника и на прямоугольник.

$Sp=a*h$.. # Площадь прямоугольника.

$Jp=h*h*h*a/12$.. # Момент инерции прямоугольника.

$St=((b-a)/2)*h/2$.. # Площадь одного треугольника.

$.x=(b-a)/2$.. # Основание одного треугольника.

$Jt=h*h*h*x/36$.. # Момент инерции одного треугольника.

$.yt=h/3$.. # Нейтральная ось от основания треугольника.

Центр тяжести системы (трапеции) от основания (нейтральная ось)..

$z = (((St+St)*yt) + (Sp*h/2)) / (St+St+Sp) ..$ (На рисунке z обозначена как V).

Момент инерции двух треугольников со смещенным центром.

$at = z - yt ..$ # Смещение центра тяжести треугольников относительно Ц.Т. трапеции.

Момент инерции двух треугольников по $X-X$ со смещенным центром.

$$Jts = 2 * (Jt + at * at * (St)) ..$$

Момент инерции прямоугольника по $X-X$ со смещенным центром.

$ap = z - (h/2) ..$ # Смещение центра прямоугольника относительно Ц.Т. трапеции.

$Jps = Jp + ap * ap * Sp ..$ Момент инерции прямоугольника по $X-X$ со смещенным центром.

$$jx = Jps + Jts ..$$
 # Момент инерции трапеции по оси XX .

Ось XX трапеции смещена относительно оси XX шестигранника на величину V или z .

Jtz – Момент инерции трапеции по оси смещенной на величину V .

$$Jtz = jx + V * V * s ..$$

$$Jse = Jtz + Jtz ..$$
 Момент инерции шестигранника по оси XX .

$Wse = Jse * 2 / d ..$ Момент сопротивления изгибу шестигранника по оси XX .

$$rm = \sqrt{Jse / (s + s)} ...$$
 Радиус инерции оси $X-X$.

.....

Контрольные цифры:

Вписанный диаметр (размер под ключ) $d = 86,60254038..$

Описанный диаметр $d_o = 100..$

Площадь шестигранника $= 6495,190528..$

Расчет параметров произвольного сечения.

Заданное произвольное сечение представим как набор элементарных прямоугольников.

Ось X-X расположим по нижней стороне первого прямоугольника.

Определяем площадь, расстояние центра тяжести от оси X-X и

момент инерции первого прямоугольника.

Определяем площадь, расстояние центра тяжести от оси X-X и

момент инерции второго прямоугольника.

Находим расстояние центра тяжести системы двух прямоугольников от оси X-X.

Находим момент инерции каждого прямоугольника относительно оси

проходящей через общий центр тяжести.

Находим общий для системы момент инерции и общую площадь.

Рассчитанную систему принимаем как первый прямоугольник.

Добавляем еще один прямоугольник и повторяем выше приведенный расчет.

Этот цикл расчетов ведем, пока не просчитаем все прямоугольники произвольного сечения.

Высота первого прямоугольника = h .

Ширина первого прямоугольника = b .

$J_1 = b \cdot h \cdot h^3 / 12 \dots$ Момент инерции первого прямоугольника.

$W_1 = J_1 / (h/2) \dots$ Момент сопротивления первого прямоугольника.

$S_1 = h \cdot b \dots$ Площадь сечения первого прямоугольника.

$x_{c1} = h/2 \dots$ Высота центра тяжести первого прямоугольника от оси X-X.

$M_1 = S_1 \cdot (h/2) \dots$ Момент площади первого прямоугольника относительно оси X-X.

Точка расчета № 1...

Высота второго прямоугольника = h_1 .

Ширина второго прямоугольника = b_1 .

Высота расположения основания

второго прямоугольника относительно оси X-X = h_x .

$J_2 = b_1 \cdot h_1 \cdot h_1^3 / 12 \dots$ Момент инерции второго прямоугольника.

$W_2 = J_2 / (h_1/2) \dots$ Момент сопротивления второго прямоугольника.

$S_2 = h_1 \cdot b_1 \dots$ Площадь сечения второго прямоугольника.

$x_{c2} = (h_1/2) + h_x \dots$ Высота центра тяжести второго прямоугольника от оси X-X.

$M_2 = S_2 \cdot ((h_1/2) + h_x) \dots$ Момент площади второго прямо-

угольника относительно оси X-X.

$.xx=(m1+m2)/(s1+s2)$... Расстояние Ц.Т. от оси X-X системы двух прямоугольников.

$R1=xx-xc1$... Расстояние между Ц.Т. системы и Ц.Т. первого прямоугольника.

$R2=xc2-xx$... Расстояние между Ц.Т. системы и Ц.Т. второго прямоугольника.

$.j1x=j1+(R1*R1*s1)$...Момент инерции первого прямоугольника относительно Ц.Т. системы.

$.J2x=j1+(R2*R2*s2)$...Момент инерции второго прямоугольника относительно Ц.Т. системы.

$.Jx=j1x+j2x$... Момент инерции системы двух прямоугольников относительно Ц.Т. системы.

$Sx=s1+s2$... Суммарная площадь двух прямоугольников.

.... ..

Далее в расчете принимаем систему двух прямоугольников за новый, первый прямоугольник у которого:

$.s1=Sx$... $xc1=xx$... $j1=Jx$... $m1=Sx*xx$...

Вводим данные следующего прямоугольника:

(считая его новым вторым прямоугольником) и снова проходим весь расчет,

начиная с # Точки расчета № 1...

Для проверки можно пересчитать сечение « Рельс ».

.....

Кстати все вышеизложенные расчеты эффективнее выполнять используя программы.

Программы можно скопировать из книги « Python 3 Полезные программы книга третья. ».

Программы значительно экономят время и уменьшают вероятность ошибок в расчетах..

Программы можно выполнить так же в Excel.

”””

Разные расчеты элементов деталей машин.

Расчет параметров профиля звездочки по ГОСТ 591-69.

Для примера построения принимаем нестандартные исходные данные:

Число зубьев звездочки = 5..

Шаг цепи = 50 ...

Диаметр ролика цепи = 36 ..

.....

Расчет лучше производить по программе.

В программе использовать формулы из ГОСТ 591-69..

....

Построение профиля зуба проводим в следующем порядке:

Строим диаметр окружности выступов $d_e = 98,819..$

Строим диаметр делительной окружности $d_d = 85,065..$

От вертикальной осевой вправо и влево откладываем размеры по $e = 0,5$.

$E = 1,5$.. $0,5 e = 0,75$.. Проводим вспомогательные осевые параллельные вертикальной осевой.

Левая вспомогательная осевая при пересечении с делительной окружностью создает точку « O ».

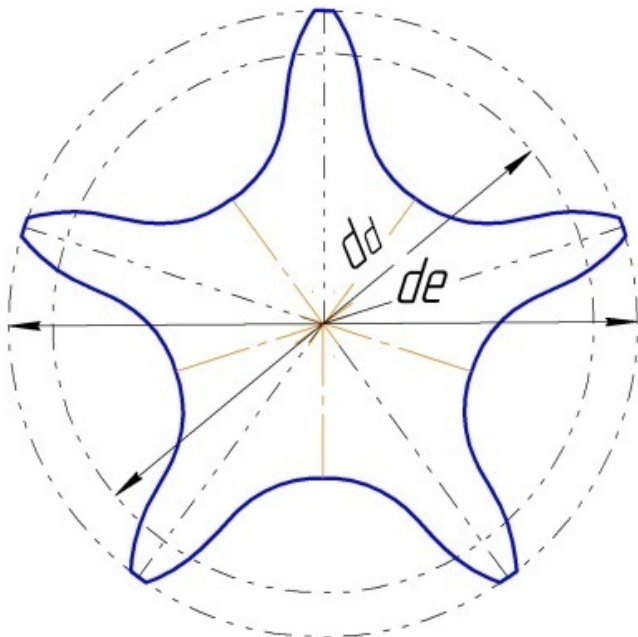
Из этой точки проводим радиус впадины $R = 18,14 \dots$

Через точку « O » проводим прямую перпендикулярную вертикальной осевой.

От этой прямой отмеряем размер « Y 2 » вниз и « Y 1 » вверх от прямой.

От левой вспомогательной осевой влево отложим размер « X 2 ». Пересечение линий « Y 2 » и « X 2 » даст центр радиуса $R_2 = 26,178$ – радиуса головки зуба (центр – точка « O2 »). Пересечение линий « Y 1 » и

« X 1 » даст центр радиуса $R_1 = 46,94$ – радиуса сопряжения радиусов R и R_2 (центр – точка « O1 »). Точки сопряжения находятся на прямых линиях проходящих через точки центров сопрягаемых радиусов. (точки « E » и « F »). Из центра окружностей проводим луч с отклонением на половину углового шага зубьев звездочки. При заданном числе зубьев = 5 .. отклонение = 36 градусов. Построенная часть зуба симметрична относительно этого луча.

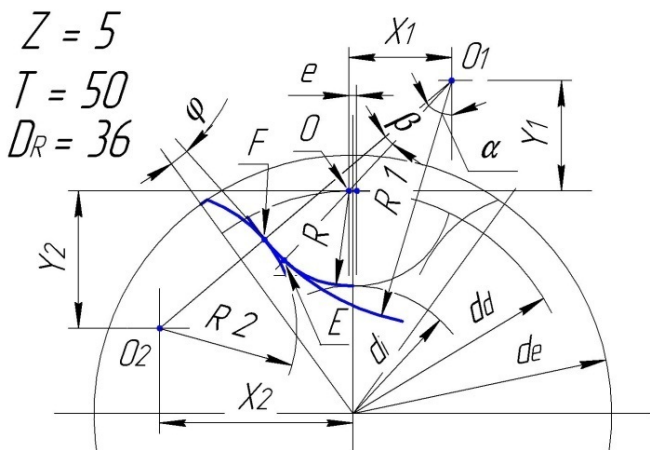


Исходные данные:

Число зубьев звездочки $z = 5$..

Шаг цепи $t = 50$...

Диаметр ролика цепи $d = 36$..



Расчет:

Все в градусах и миллиметрах.

.ddo=t / (sin(180/z))... Делительный диаметр звездочки.

$$.dn=t*(0,6+(\tan(90-(180/z))))... \text{ Наружный диаметр.}$$
$$.rv=(0,5025*d)+0,05\dots \text{ Радиус впадин}$$
$$.di=ddo-(rv+rv)\dots \text{Диаметр дна зубьев.}$$

$r_1 = (0,8 \cdot d) + r_v \dots$ Радиус сопряжения R1.

$$\alpha = 55 - (60/z) \dots$$

Половина угла впадины « а » в градусах.

$$\beta = 18 - (56/z) \dots$$
 Угол сопряжения « β » в градусах.

$\alpha_{uf} = 90 - ((180/z) + \alpha_{uv} + \alpha_{us}) \dots$ Половина угла зуба « f » в гра-

дусах.

$e=0,03*t$... Смещение центров дуг впадин « е ».

$x1=(0,8*d)*(\sin(uv))$... Координаты точки O1.

$y1=(0,8*d)*(\cos(uv))$... Координаты точки O1.

$x2=1,24*d*(\cos(180/z))$... Координаты точки O2.

$y2=1,24*d*(\sin(180/z))$... Координаты точки O2.

Радиус головки зуба R2:

$r2=(d*((1,24*(\cos(uf)))+(0,8*(\cos(us)))-1,3025))-0,05$...

...

$\text{ctg}(a) = \tan(90 - a)$... Перевод приведен для справки..

Контрольный расчет:

Задано:

Число зубьев звездочки = 5,0.

Шаг цепи = 50,0.

Диаметр ролика цепи = 36,0....

Диаметр делительной окружности = 85,065081.

Диаметр окружности выступов = 98,819096.

Диаметр окружности впадин = 48,78508084.

...

Радиус впадин = 18,14.

Радиус сопряжения R1 = 46,94.

Радиус головки зуба R2 = 26,17752.

Половина угла впадины (угол альфа) = 43,0.

Угол сопряжения бета = 6,80.

Половина угла зуба (угол фи) = 4,20.

Смещение центров дуг впадин $E = 1,5$.

Координаты точки O_1 :

Координата $X_1 = 19,64155$.

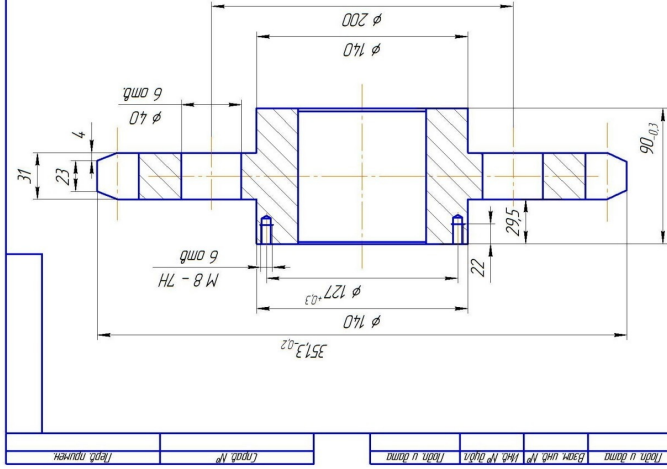
Координата $Y_1 = 21,0629866$.

Координаты точки O_2 :

Координата $X_2 = 36,1145186$.

Координата $Y_2 = 26,23873$.

.....



✓ Rz 40 (✓)

Сопряженная цель	Число зубьев	Z	20
	шаг	T	50,8
		диаметр ролика	Dr
	Расстояние между внутр. пластинами	B	31,75
Профиль зуба по ГОСТ 591-69			
	Диаметр окружности впадин	Di	295,9
	Диаметр делительной окружности	Dd	324,74

Под цель ПР-50,8-22680 гост 13568-75

1. НВ 223 ... 262 Кайка, закалка, отпуск. КП 540.
2. Сертификат на материал изготовлен
3. Дефектоскопом проверить отсутствие трещин и других дефектов снижающих прочность детали.
4. Острые кройки пригнупить R = 0,3 мм.
5. Неуказанные фаски 1 × 45°.
6. Неуказанные предельные отклонения размеров по Н 11
7. Профиль зубьев проверить наложением цепи.

Дет. №	№ докум.	Габт.	Дата	Лист	Масса	Материал
Рисовый	Габитов				18,1	11
Лист	Лист					
Начерт.	Угол					
Звездочка ведомая				Сталь 40ХН гост 4543-71		

Копировать

Формат А3

Чертеж приведен для примера. Важно добавить в тех.условиях « Профиль зуба проверить наложением цепи. ».

Прорисовку профиля зуба с размерами профиля на чертеже делают только по требованию цеха – изготовителя. Обычно достаточно указать « профиль звездочки по ГОСТ 591-69. » и ГОСТ и марку цепи.

« Чертеж звездочки » Ссылка:

Ссылка Studenty.zip : <https://disk.yandex.ru/d/orKSVHysYSMK0Q>

Studenty.zip : CRC 32 = 77d05e10... Объем ==
77,916,434....

.....

Ссылка Студенту.zip : <https://disk.yandex.ru/d/Rbo3M49TP3xMdG>

Студенту.zip: CRC 32 = E76A2853... Объем ==
152458350...

.....

В браузере, в адресной строке удалить адрес, который там стоял и вставить скопированный адрес ссылки.

Щелкнуть по ссылке – подтвердить « Посетить ». На странице Яндекс диска нажать « Скачать » « Сохранить ».

Затем – Показать ход загрузки. Браузер пишет « Обычно такие файлы не скачиваем ». Щелкаем правой клавишей мыши – командуем « Разрешить загрузку ». Файл загружается

в стандартную папку « Загрузки ».

Для контроля проверить размер файла и CRC32.. Затем распаковать в свою папку.

Расчет CRC32 по программе HashTab_v6.0.0.34 ...<https://hashtab.ru/>...

Расчет пружины сжатия.

Для примера приведен рабочий чертеж пружины сжатия:

Наружный диаметр = 48 мм.

Диаметр проволоки = 6 мм.

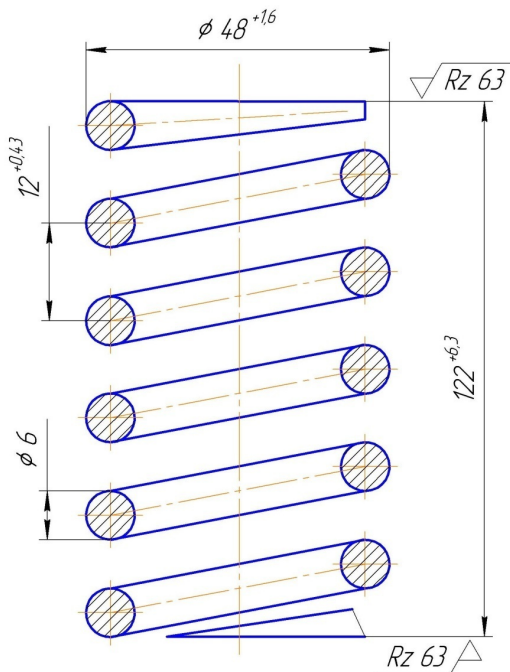
Шаг витков = 12 мм.

Свободная длина = 124 мм.

Макс. нагрузка = 100 кгс.

Осадка под макс. нагр. = 56 мм.

...



1. HRCэ 42 ... 46 Закалка в масло, отпуск.
 2. Острые кромки притупить R 1 мм.
 3. Трещины, волосовины и дефекты поверхности недопустимы.
 4. Торцы пружины подогнуть с обеих сторон на 75 % длины витка затем торцы шлифовать на плоскость.
 5. Развернутая длина $L = 1460$ мм.
 6. Неуказанные предельные отклонения размеров по $\pm$
- Материал: Сталь 60С2А гост 14959-79 Масса: 0,324..

Выполним проверочный расчет пружины сжатия:

Расчет пружины сжатия (проверочный).

Пружины сжатия различают по классам:

Первый класс – циклическая нагрузка на Пять миллионов циклов.

(по Анурьеву выпуска 2001 г. – Десять миллионов циклов).

Выполняют из сталей 60C2A и 65C2BA ГОСТ 14963-69 HRC 46 ... 52.

и из стали 50ХФА ГОСТ 14963-69 HRC 44 ... 50.

допускаемое касательное напряжение для этих сталей не более 56 кгс/кв.мм.

Второй класс – циклическая нагрузка на Сто тысяч циклов.

Стали те же самые, HRC без изменений – (напряжение увеличено).

Допускаемое касательное для этих сталей в этом классе не более 96 кгс/кв.мм.

Соударения витков для этих классов не допускается.

Третий класс – циклическая нагрузка на Две тысячи циклов.

Стали те же самые, HRC 53 ... 57 – (напряжение увеличено).

Допускаемое касательное для этих сталей в этом классе не более 135 кгс/кв.мм.

Все размеры в расчете в миллиметрах – материал – сталь :
плотность $q = 7,95 \text{ т/куб.м.}$

.....

Расчет параметров пружины сжатия

Исходные данные:

Наружный диаметр пружины $d = 48..$

Диаметр проволоки пружины $d_p = 6..$

Шаг навивки пружины $t_p = 12..$

Полный ход пружины до выборки зазоров между витков

$w_s = 56..$

Рабочее усилие на пружину $p_2 = 100$ кгс..

.....

Расчет:

$d_o = d - d_p ...$ Средний диаметр.

$z = d_p * d_p * d_p * d_p * 1000 / (d_o * d_o * d_o) ...$ Жесткость одного витка..

Жесткость одного витка $z = 17,4927$ кгс/мм.

$c = d_o / d_p ...$

$k = (((4 * c) - 1) / ((4 * c) - 4)) + (0,615 / c) ...$

Коэф. $K = p_1 = (t_p - d_p) * z ...$ $G_{sf} = 461030 / 2725231222 ... l$

Усилие при полном сжатии одного витка $p_1 = 104,9563$ кгс.

$t_k = 8 * k * p_1 * d_o / (\pi * d_p * d_p * d_p) ...$

Касательное напряжение при полном сжатии витка $t_k = 63,0309$ кгс/мм².

$t_{k1} = 8 * k * p_2 * d_o / (\pi * d_p * d_p * d_p) ...$

Касательное напряжение при рабочем усилии $t_{k1} = 60,0545$ кгс/мм².

$$L1v=p2/z...$$

Деформация одного витка при рабочем усилии $L1v = 5,7167$ мм.

$$.c = \sqrt{((Pii*do*Pii*do)+(tp*tp))}... \text{Квадрат гипотенузы.}$$

Вариант № 1.

Пружина с подогнутыми витками – но без подшлифовки крайних витков.

$$.w=(ws/(tp-dp))+3...$$

Число витков полное с учетом подогнутых витков $w = 12,3333...$

$$.ll=((w-3)*tp)+(3*dp)...$$

Свободная габаритная длина пружины $ll = 130,0$ мм.

$$.llr=c*w...$$

Развернутая длина проволоки пружины $llr = 1634,06$ мм.

$$.s=Pii*dp*dp/4...$$

$$.px=7,95*s*llr/1000000...$$

Вес пружины $px = 0,367$ кг.

.....

Вариант № 2.

Пружина с подогнутыми крайними витками, крайние витки сошлифованы на плоскость перпендикулярную оси пружины.

$$.we=(ws/(tp-dp))+2 ...$$

$$.lle=((w-3)*tp)+(2*dp)...$$

$$.llre=c*we ...$$

Число витков полное (с подогнутыми витками) $w_e = 11,3333\dots$

Свободная габаритная длина пружины $l_{le} = 124,0$ мм.

Развернутая длина проволоки пружины $l_{re} = 1501,57$ мм.

$.se = \pi \cdot d_p \cdot d_p / 4 \dots$

$.p_{xe} = 7.95 \cdot se \cdot l_{re} / 1000000 \dots$

Вес пружины $p_{xe} = 0,338$ кг.

Все размеры в миллиметрах – материал – сталь $q = 7,95$ т / м³

.....

Примечание:

При мелкосерийном производстве точно определить число рабочих витков,

длину пружины под нагрузкой не получится, так как подгиб концевых витков выполняется

с большими отклонениями по размеру.

Пружину в единичном производстве обычно навивают на цилиндр равный внутреннему диаметру пружины.

Цилиндр зажимают в патрон токарного станка, один конец проволоки прочно прикрепляют к цилиндру.

Другой конец проволоки проходит через поводок закрепленный в резцодержателе станка.

Станок включают на нарезание резьбы с шагом навивки пружины. Скорость шпинделя 20..60 об/мин.

Направление вращения – обратное (при взгляде от суппорта – по часовой стрелке) при ходе суппорта от патрона.

Количество витков делают больше чертежного минимум на два витка для подгонки.

Навив пружину – не ослабляя усилие на проволоку – надежно закрепляют второй конец проволоки на цилиндре.

Затем проводят полную термообработку пружины в сборе с цилиндром (закалку и отпуск).

Для не ответственных узлов применяют Проволоку стальную углеродистую пружинную **ГОСТ 9389-75**.

Холоднотянутую проволоку, применяемую для изготовления пружин, навиваемых в холодном состоянии

и не подвергаемых закалке. При навивке такой пружины следует учитывать, что при снятии усилия навивки –

пружина разворачивается, увеличивая шаг навивки и наружный диаметр.

Кольцевая пружина.

Применяется в буферных устройствах для гашения ударов и вибраций.

А так же кольцевая пружина применяется для предохранения анкерных шпилек от перегрузок,

Для примера рассчитаем кольцевую пружину анкерного болта подверженного ударным нагрузкам.

Материалы пружин: Наиболее прочная Сталь 60С2Н2А ГОСТ 14959-79.

Первый класс – циклическая нагрузка на Пять миллионов циклов.

(по Анурьеву выпуска 2001 г. – Десять миллионов цик-

лов).

Типовое решение из сталей 60С2А и 65С2ВА ГОСТ 14963-69 HRC 46 ... 52..

и из стали 50ХФА ГОСТ 14963-69 HRC 44 ... 50..

допускаемое касательное для этих сталей не более 56 кгс/кв.мм.

Применим сталь 60С2А ГОСТ 14959-79. Предел текучести 143 кгс/кв.мм.

Предел прочности 163 кгс/кв.мм. Ресурс принимаем = 5000000 циклов.

Допускаемое напряжение на растяжение $\sigma_d = 9600$ кгс / кв.см.

Закалка с 870 градусов в масло затем отпуск с 420 градусов..

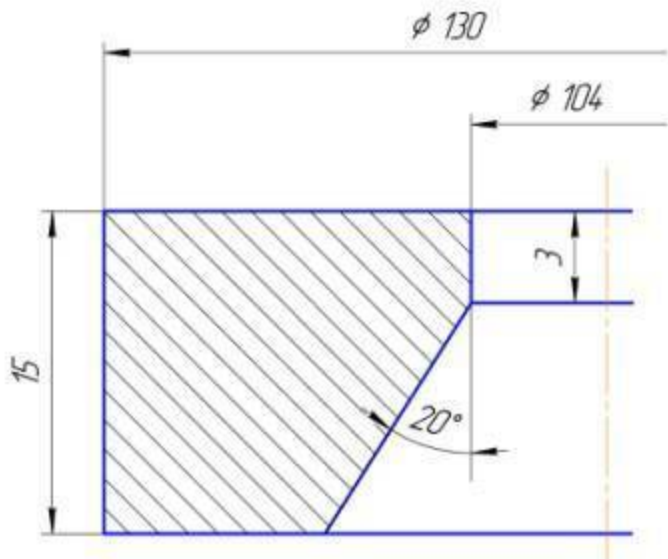
Рассчитываем наружное кольцо пружины при работе испытывающей напряжения

растяжения. Внутренняя пружина испытывает напряжения сжатия – что менее опасно.

Величины напряжений и деформация при равенстве поперечных сечений одинаковы.

Поэтому внутреннее кольцо считать не будем.

Эскиз сечения наружного кольца пружины.



Кольцевая пружина – внешнее кольцо.

$\Pi_{ii} = 3,1415926 \dots$ Число Пи...

$E = 2000000$ кгс / кв.см. Модуль упругости стали..

Максимальное осевое усилиедвигающее конус в коническую расточку кольца принимаем равной:

$Q = 20000$ кгс. При силе ударной нагрузки на шпильку равной $Q_{от} = 9472$ кгс.

Предполагаемый коэф. трения на конусе: $K_{тр} = 0,1 \dots$ (виб-

рация уменьшает трение)..

Угол трения: $Gt = \arctan (0,1) \dots Gt = 5,6666666^\circ \dots$ (градусов).

Наружный диаметр кольца: $\Phi = 130$ мм.

Внутренний цилиндрический участок: $\Phi_v = 104$ мм. Длина $L_v = 3$ мм.

Полная высота кольца пружины $L = 15$ мм.

Коническая расточка внутреннего диаметра:

Угол: Образующая – Ось кольца: $G = 20^\circ$.. Высота расточки $L_k = 12$ мм.

Наибольший диаметр расточки: $\Phi_k = (L_k \times 2 \times (\tan 20^\circ)) + \Phi_v$.. $\Phi_k = 112,7353$ мм.

Площадь поперечного сечения кольца пружины: $S = 1,68794$ кв.см.

Объем кольца пружины: $V = 62,8739$ куб.см.. Масса = $0,49356$ кг...

Средний диаметр кольца пружины: $\Phi_{ср} = V / (S \times \pi) \dots$

$\Phi_{ср} = 62,8736 / (1,68794 \times 3,1415926) \dots \Phi_{ср} = 11,85662$ см... $\Phi_{ср} = 118,5662$ мм.

$G_{sf} = 461030/2725231222 \dots$

Так как угол трения значительно меньше угла конуса – при снятии нагрузки пружина

вернется в исходное положение.. При этом часть энергии израсходуется на трение на

конусе – поэтому колебания при снятии нагрузки быстро затухнут..

Удельное давление на кольцо при внедрении конуса:

$$.g = Q / (\Pi \cdot K_{тр} \cdot L \cdot \Phi_{ср} \cdot ((0,34202 / K_{тр}) + 0,9397)) .. \text{В.С.}$$

Поляков.

Где: 0,3420201 – синус 20 градусов. 0,9397 – косинус 20 градусов..

20 градусов – угол осевая – образующая конуса.

$$.g = 20000 / (\Pi \cdot 0,1 \cdot 1,5 \cdot 11,85662 \cdot 4,36) .. .g = 821 \text{ кгс / кв.см.}$$

Расчет ведем по формулам для цилиндра под давлением.
По Даркову.

Радиальное напряжение:

$$X = g \cdot R_v \cdot R_v / ((R_n \cdot R_n) - (R_v \cdot R_v)) ..$$

$$Y = R_n \cdot R_n / (R_v \cdot R_v) ..$$

$$Br = X \cdot (1 - Y) \# \text{ Радиальное напряжение.}$$

Где: $R_n = 6,5 \text{ см}$ – Наружный радиус цилиндра.

$R_v = 5,92831 \text{ см.}$ – Внутренний радиус цилиндра.

...

$$X = 821 \cdot 5,92831 \cdot 5,92831 / ((6,5 \cdot 6,5) - (5,92831 \cdot 5,92831))$$

...

$$X = 4061 ...$$

$$Y = 6,5 \cdot 6,5 / (5,92831 \cdot 5,92831) ... Y = 1,20217 ...$$

$$Br = 4061 \cdot (1 - 1,20217) Br = -821 \text{ кгс / кв.см.} ... \# \text{ Радиальное напряжение.}$$

....

Тангенциальное (растягивающее) напряжение в кольце.

$$Bt = X \cdot (1 + Y) .. \# \text{ Тангенциальное напряжение.}$$

$B_t = 4061 * (1 + 1,20217) \dots B_t = 8943 \text{ кгс / кв.см.} \dots$ # Кольцо прочно...

...

Развернутая длина кольца $C_p = \Phi_{ср} * R_{ii}.. C_p = 11,85662 * R_{ii}.. C_p = 37,24867 \text{ см.}$

Удлинение средней линии при напряжении $B_t = 8943 \text{ кгс / кв.см.}$ по закону Гука:

$$dL = C_p * B_t / E.. dL = 37,24867 * 8943 / 20000000..$$

$dL = 0,1666 \text{ см.}$.. или увеличение диаметра $d\Phi = 0,053017 \text{ см.}$.. $d\Phi = 0,53017 \text{ мм.}$..

Так как внутреннее кольцо сжимается на ту же величину, то общее изменение диаметра $d\Phi = 1,0603 \text{ мм.}$.. Изменение радиуса:

$dR = 0,53017 \text{ мм.}$ Осадка конуса под нагрузкой $dH = dR / (\tan 20) .. dH = 0,53017 / 0,36397 ..$

$dH = 1,457 \text{ мм.}$.. (осадка пары конус – кольцо, без учета трения на конусе).

Расчет производим по И.А. Биргеру. Стр. 173..

Тангенциальное (растягивающее) напряжение в кольце $B_t = 8943 \text{ кгс / кв.см.}$

Что меньше допускаемого. Пружина будет более долговечна..

,,,,,,

Проверим расчет исходя из заданной осадки конуса $dH = 0,7285 \text{ мм.}$..

(без учета сжатия внутреннего конуса и без учета трения

на конусе).

Изменение радиуса при осадке $dR = dH * \operatorname{tg} 20^\circ$. $dR = 0,7285 * 0,36397..$

$dR = 0,2652$ мм. Изменение диаметра $dd = 0,5303$ мм.

Изменившийся средний диаметр $\Phi_{сри} = 118,5662 + 0,5303 = 119,0965$ мм.

Изменившаяся длина окружности $C_{сри} = 118,90389 * \pi = 374,152704$ мм.

Относительное изменение длины окружности $C_{отн} = (C_{сри} - C_p) / C_p..$

$C_{отн} = (374,152704 - 372,486703) / 372,486703..$ $C_{отн} = 1,666 / 372,486703..$

$C_{отн} = 0,00447265...$ Далее по закону Гука..

При таком относительном удлинении напряжение растяжения будет:

$\sigma_{рас} = E * C_{отн}...$ $\sigma_{рас} = 2000000 * 0,00447265...$ $\sigma_{рас} = 8945,3$ кгс/кв.см.

Для пружинной стали напряжение нормальное..

С учетом того, что коническая часть входящая в кольцо имеет равное кольцо

поперечное сечение t сожмется на ту же величину, то в целом осадка удвоится

и будет равной $1,457$ мм.

,,,,,,

Тот же самый расчет по И.А. Биргеру. Но при коэф.трения $= 0,01..$ $Gt = 0,57^\circ...$

Площадь поперечного сечения кольца пружины: $S = 1,68794$ кв.см.

Напряжение растяжения: $B_p = Q / (\pi \cdot S \cdot \tan (G + G_t)) \dots$

$B_p = 20000 / (\pi \cdot 1,68794 \cdot \tan (20 + 0,57)) \dots B_p = 10048$
кгс / кв.см.

Осадка конуса в кольцо пружины при приложении нагрузки:

$\Delta H = Q \cdot \Phi_{cp} / (2 \cdot \pi \cdot E \cdot \tan (G) \cdot \tan (G + G_t) \cdot S) \dots$

$\Delta H = 20000 \cdot 11,85662 / (2 \cdot \pi \cdot E \cdot \tan (20) \cdot \tan (20,57) \cdot 1,68794) \dots$

$\Delta H = 0,08$ см.. $\Delta H = 0,8$ мм. С учетом того, что наружное кольцо и внутреннее

кольцо работают в паре и жесткость внутреннего примерно = наружного, то суммарная

осадка пары колец: $\Delta H = 1,6$ мм..

Реальный результат будет между результатами этих двух расчетов..

,,,,,,,,,,

Рассчитаем кольцевую пружину по формулам книги Р. С. Курендаш.

По расчетам приведенным выше:

Расчетное усилие принимаем $Q = 20000$ кгс.

Угол: Образующая – Ось кольца: $G = 20^\circ$.. Высота расточки $L_k = 12$ мм.

Предполагаемый коэф. трения на конусе: $K_{тр} = 0,1$.. (вибрация)..

Угол трения: $Gt = \arctan (0,1) \dots Gt = 5,66666666^\circ \dots$

Наибольший диаметр расточки: $\Phi_k = (L_k \times 2 \times (\tan 20^\circ)) + \Phi_v \dots \Phi_k = 112,7353 \text{ мм.}$

Площадь поперечного сечения кольца пружины: $S = 1,68794 \text{ кв.см.}$

Объем кольца пружины: $V = 62,8739 \text{ куб.см.}$. Масса = $0,49356 \text{ кг.}$

Средний диаметр кольца пружины: $\Phi_{ср} = V / (S \times \pi) \dots$

$\Phi_{ср} = 62,8736 / (1,68794 \times 3,1415926) \dots \Phi_{ср} = 11,85662 \text{ см.}$
 $\Phi_{ср} = 118,5662 \text{ мм.}$

Напряжение растяжения в сечении кольца:

$$B_{рас} = \frac{Q}{\pi \cdot S \cdot \operatorname{tg} (G+Gt)}$$

$$B_{рас} = \frac{20000}{3,1415926 \cdot 1,68794 \cdot \operatorname{tg} (20+5.6666)}$$

$B_{рас} = 7819,72 \text{ кгс/кв.см.}$ Пружина вполне прочна..

Определим осадку жесткого конуса в упругое кольцо пружины:

$$dH = \frac{Q \cdot (\Phi_{cp} / S)}{\pi \cdot 2 \cdot \operatorname{tg}(G + Gt) \cdot \operatorname{tg}(G) \cdot E}$$

$$.dH = \frac{20000 \cdot (11,85662 / 1,68794)}{(3,1415926 \cdot 2 \cdot \operatorname{tg}(20 + 5,6666) \cdot \operatorname{tg}(20) \cdot 2000000)} \dots$$

$$.dH = 140486,27 / 2197937,7 \dots \quad .dH = 0,0639 \text{ см.}$$

Поскольку на пружине внедряемый конус выполним с поперечным сечением равным поперечному сечению кольца, то конус сожмется на ту же величину на которую растягивается кольцо.

Поэтому реальное смещение вдоль оси удвоится и будет равно

$$2 \cdot dH = 0,128 \text{ см. на комплект Кольцо-Конус.}$$

Проверим расчет исходя из найденной осадки конуса $.dH = 0,639 \text{ мм.}$

(без учета сжатия конуса и без учета трения на конусе).

$$\text{Изменение радиуса при осадке } .dR = .dH \cdot \operatorname{tg} 20 \dots .dR = 0,639 \cdot 0,36397 \dots$$

$$.dR = 0,2326 \text{ мм. Изменение диаметра } .dd = 0,4652 \text{ мм.}$$

$$\text{Изменившийся средний диаметр } \Phi_{сри} = 118,5662 + 0,4652 = 119,031354 \text{ мм.}$$

$$\text{Изменившаяся длина окружности } C_{сри} = 119,031354 \cdot \pi = 373,94803 \text{ мм.}$$

Относительное изменение длины окружности $\text{Сотн} = (\text{Ссри} - \text{Ср}) / \text{Ср}..$

$\text{Сотн} = (373,94803 - 372,486703) / 372,486703.. \text{Сотн} = 1,461324 / 372,486703..$

$\text{Сотн} = 0,0039232... \text{Далее по закону Гука}..$

При таком относительном удлинении напряжение растяжения будет:

$\text{Врас} = E * \text{Сотн}... \text{Врас} = 2000000 * 0,0039232... \text{Врас} = 7846,3 \text{ кгс/кв.см.}$

Для пружинной стали напряжение нормальное..

Расчет напряжения растяжения по глубине внедрения конуса наиболее достоверен.

.....

График прогибов, в виду сложной картины деформации кольцевой пружины, рассчитать нереально –

– готовую пружину надо испытать на испытательном прессе со снятием характеристики

Анкерные шпильки предохраняются от обрыва гашением ударных нагрузок кольцевыми пружинами,

кроме того пружины равномерно распределяет нагрузку от станины между шпильками.

Кольцевая пружина хороша тем, что за счет трения на конических поверхностях

гасит колебания при ударных нагрузках при быстром затухании вибраций.

Пружина состоит из отдельных элементов, поэтому ее лег-

ко можно ремонтировать
заменяв сломанный элемент.

Пружина достаточно проста в изготовлении.

На каждую шпильку с шагом резьбы $t = 5$ мм. желательно поставить по пять пар пружин
кольцо-конус.

При нагрузке 20000 кгс – пять пар пружин дадут осадку $\Delta H = 8$ мм.. По расчету приведенному выше
(без учета трения на конусе). Для достижения нормальной нагрузки равной 11700 кгс.

Гайку шпильки надо затянуть на 4,8 мм (доворот на 346 градусов) после выборки зазоров, затем гайку законтрить по месту штифтом.

Анкерную шпильку обычно рвет в месте, где находится основание гайки.

Без применения пружин – обрыв расположен в верхней плоскости лапы стойки молота,
что осложняет или делает невозможным ремонт анкерной шпильки, методом приварки
нового резьбового наконечника шпильки взамен оторванного.

При применении кольцевых пружин – основание гайки будет поднято над верхней плоскостью лапы стойки- зона обрыва будет выше верхней плоскости лапы стойки.

Ремонт будет возможен.

Кстати все вышеизложенные расчеты эффективнее вы-

полнять используя программы. Программы можно скопировать из книги « Python 3 Полезные программы книга третья ». Программы значительно экономят время и уменьшают вероятность ошибок в расчетах..

Расчет конусной муфты.

Расчет приведен для примера – он похож на расчет кольцевой пружины.

Проверим расчеты по формулам И.А. Биргера – (по другой литературе).

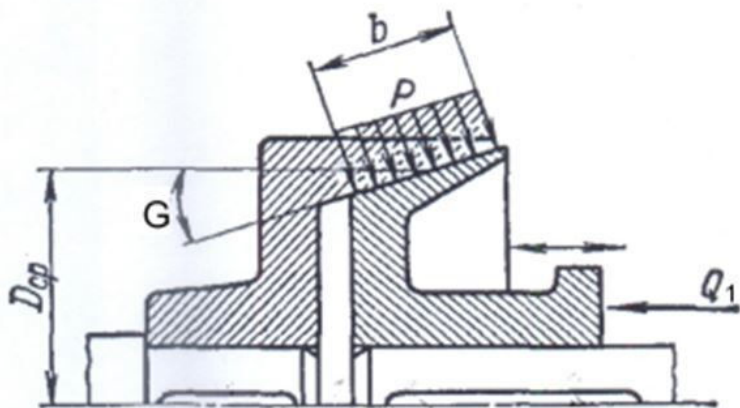
Определим давление на коническую поверхность обоймы при внедрении в обойму –

конуса с углом Ось – Образующая = 20° ...

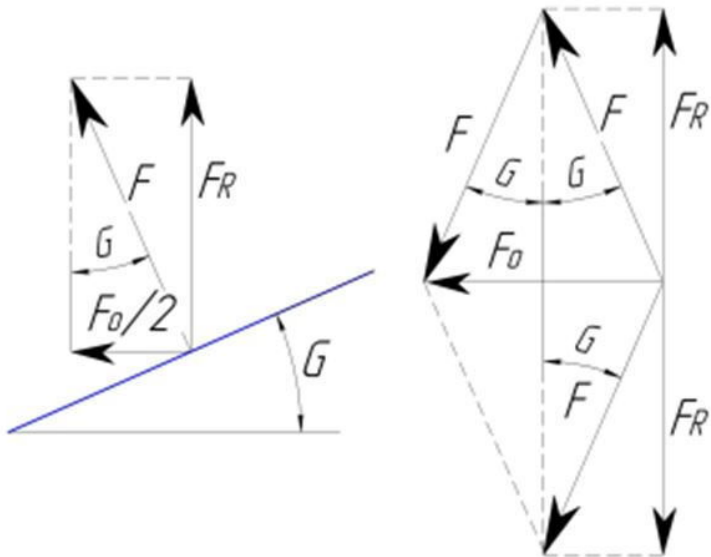
Усилие действующее к нормали конической поверхности: F...

Усилие загоняющее конус в коническую расточку: Q1...

Угол конической расточки: G... Угол трения: Gt



””



Осевое усилие: $Q_1 = F \cdot 2 \cdot (\sin (G)) \dots$

Определяется усилие нормальное к конической поверхности:

$F = 20000 / (2 \cdot \sin (20)) \dots F = 29238 \text{ кгс} \dots$ Трение не учитываем..

Так как в условиях вибрации, трение может значительно уменьшиться.

Сила перпендикулярная оси обоймы муфты: $F_R = F \cdot \cos$

(G)...

Зная усилие перпендикулярная оси обоймы и коэф. трения конуса об обойму находим

$$FR = 29238 * 0,9397 = 27475 \text{ кгс...}$$

Граз = FR = 27475 кгс... Это усилие приходится на два поперечных сечения обоймы.

Напряжение разрыва обоймы: $V_{рк} = \text{Граз} / (2 * S) \dots V_{рк} = 27475 / (2 * 1,68794) \dots$

$$V_{рк} = 8138,6 \text{ кгс / кв.см....}$$

Длина средней линии сечения: $C = \Phi_{ср} * \Pi i \dots C = 11,857 * \Pi i \dots C = 37,25 \text{ см...}$

По закону Гука длина средней линии увеличится при приложении силы (напряжения).

$$\Delta L = V_{рк} * C / E \dots \Delta L = 8138,6 * 37,25 / 2000000 \dots \Delta L = 0,1516 \text{ см... } \Delta L = 1,516 \text{ мм...}$$

Соответственно диаметр станет больше на: $\Delta D = \Delta L / \Pi i \dots \Delta D = 1,516 / \Pi i \dots$

$$\Delta D = 0,4826 \text{ мм.. Радиус увеличится на: } \Delta R = 0,2413 \text{ мм.}$$

Конус при этом зайдет глубже вдоль оси: $L_{ос} = \Delta R / \tan (G) \dots L_{ос} = 0,2413 / 0,36397 \dots$

$L_{ос} = 0,663 \text{ мм...}$ С учетом такой же деформации конуса – осадка = 1,326 мм

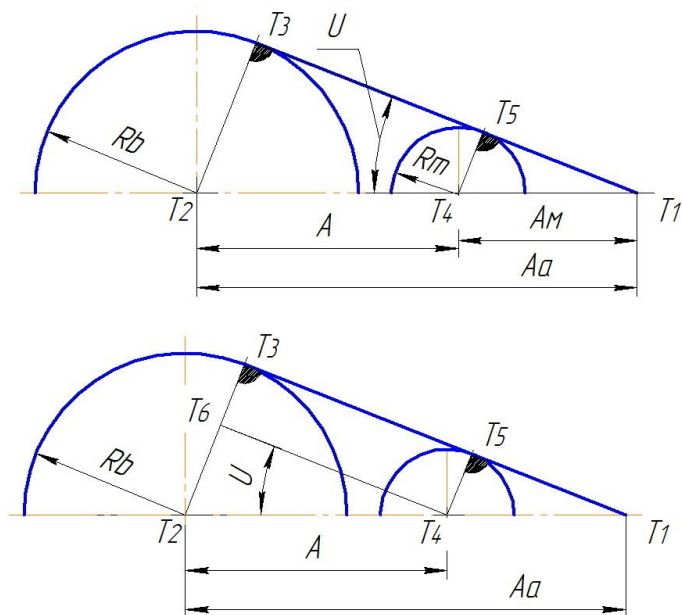
Вывод: При некотором несовпадении – результаты показывают возможность доверять расчету.

Расчет межцентрового ременной передачи.

Например при проектировании узла: Вентилятор – При-

водной эл.двигатель – необходимо определить минимальное и максимальное межцентровое расстояние «А» учитывая допуск на изготовление клинового ремня и его последующее вытягивание при эксплуатации и ГОСТовские размеры ремня.

Длина ремня на шкивах



В расчет берется нейтральная линия ремня (слой ремня который при изгибе не растягивается и не сжимается).

Радиусы R_b и R_m – это радиусы нейтральной линии ремня (расчетного диаметра d_p). Для клиновых ремней положение нейтральной линии определяется по таблицам. На приведенной таблице расчетный диаметр обозначен как d_p ..
 $R_b = d_p / 2 \dots$

Расчет рекомендуется выполнить по Программе выполненной на основе приведенного алгоритма расчета.

Принцип расчета:

Прямоугольные треугольники $T_1-T_2-T_3$; $T_1-T_4-T_5$ и $T_4-T_2-T_6$ подобные.

Линия T_1-T_3 параллельна линии T_4-T_6 . Катет T_2-T_6 равен разности радиусов ($R_b - R_m$)..

Находим угол U из условия (T_2-T_6) = $A * \sin (U)$..
 $U = \arcsin((T_2-T_6)/A)$..

Зная угол U найдем угол G между прямыми T_2-T_3 и T_2-T_1 ..

Угол охвата ремнем малого шкива $U_{om} = G + G \dots$

Длина ремня на малом шкиве $L_{om} = 2 * R_m * \Pi * U_{om} / 360 \dots$

Угол охвата ремнем большого шкива $U_{ob} = 360 - (G + G) \dots$

Длина ремня на большом шкиве $L_{ob} = 2 * R_b * \Pi * U_{ob} / 360 \dots$

Длина ремня между точками касания ремнем шкивов L_p

$$= A * \cos(U) \dots$$

Полная длина ремня $L = L_{ob} + L_{om} + 2 * L_p \dots$

Расчет не дает прямого решения. Задавая разные значения межцентрового $A \dots$

Подбором находим длину ремня $L \dots$ Смотрим – если длина не подходит по ГОСТ – пересчитываем снова.

Для ускорения подбора есть смысл написать программу на языке Бейсик, Python или на Pascal..

Многих отпугивает программирование – действительно профессиональное программирование требует большого объема знаний и постоянной тренировки. Однако для программирования вычислений и вывода на экран результата требуется не так уж много знаний, за то значительно облегчается расчетно- конструкторская работа.. Смотри книгу Python-3 Полезные программы книги книга первая, вторая, третья.. Гаврилов С.Ф...

Контрольный расчет:

$$R_b = 500.. \quad R_m = 50.. \quad A = 570.. \quad U = 37,8622.. \quad G = 52,1378..$$

$$L_{om} = 66,0845... \quad L_{ob} = 2480,7474... \quad L_p = 349,8571... \\ L = 3246,5461...$$

Таблица размеров сечения клиновых ремней.

Примечание: Обычно автор делает внутренний диаметр канавки под ремень на два-три мм. меньше чем рекомендует таблица, при сохранении углов наклона – ремни при этом могут работать больший срок.

Таблица Rm-01.

16. Размеры сечений клиновых ремней, мм

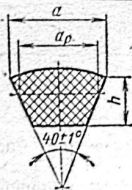
	Обозначение сечения	Расчетная ширина a_p	Ширина a	Высота (толщина) h
	О	8,5	10	7
	А	11	13	8
	Б	14	17	10,5
	В	19	22	13,5
	Г	27	32	19
	Д	32	38	23,5
	Е	42	50	30

Таблица размеров канавок для клиновых ремней. Таблица в книге получается неразборчивой.

Для устранения этого недостатка большие таблицы, рисунки и чертежи будут храниться на Яндекс диске, а в тексте книги будет приведено имя (название) и ссылка на файл.

Чтобы открыть файл по публичной ссылке, пользователям не обязательно иметь аккаунт на Диске.

Читатели по ссылке на Яндексе могут просмотреть файл или скачать его на свой компьютер.

Для этого Ссылку копируют в адресную (самую верхнюю) строку браузера – Enter – и браузер откроет файл на которую вы получили ссылку..

« Таблица размеров канавок клиновых ремней » Ссылка:

Ссылка Studenty.zip : <https://disk.yandex.ru/d/orKSVHysYSMK0Q>

Studenty.zip : CRC 32 = 77d05e10... Объем ==

77,916,434....

.....

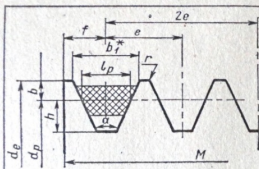
Ссылка Студенту.zip : <https://disk.yandex.ru/d/Rbo3M49TP3xMdg>

Студенту.zip: CRC 32 = E76A2853... Объем -=
152458350...

.....

Таблица Rm-02.

Примечание: В таблице размер « b » показывает расположение нейтрального слоя ремня относительно наружного диаметра шкива..



l_p — расчетная ширина канавки шкива; d_p — расчетный диаметр шкива; α — угол канавки; M — ширина шкива (определяется по формуле $M = (n-1)e + 2f$, где n — число ремней в передаче; e — расстояние между осями канавок; f — расстояние между осью канавки и торцом шкива)

* Размер для справок

Сечение ремня по ГОСТ 1284-68	Сечение ремня по РБ 2288-69	l_p	b	n , мм	e	f	r	$\alpha = 34^\circ$		$\alpha = 36^\circ$		$\alpha = 38^\circ$		$\alpha = 40^\circ$	
								d_p	b_1	d_p	b_1	d_p	b_1	d_p	b_1
О	z	8,5	2,5	7,0	$12,0 \pm 0,3$	$8,0 \pm 1$	0,5	63-71	10,0	80-100	10,1	112-160	10,2	≥ 180	10,3
А	А	11,0	3,3	8,7	$15,0 \pm 0,3$	$10,0 \pm 1$	1,0	90-112	13,1	125-160	13,3	180-400	13,4	≥ 450	13,5
Б	В	14,0	4,2	10,8	$19,0 \pm 0,4$	$12,5 \pm 1$	1,0	125-160	17,0	180-224	17,2	250-500	17,4	≥ 500	17,5
В	С	19,0	5,7	14,3	$25,5 \pm 0,5$	$17,0 \pm 1$	1,5	—	—	200-315	22,9	335-630	23,1	≥ 710	23,3
Г	Д	27,0	8,1	19,9	$37,0 \pm 0,6$	$24,0 \pm 1$	2,0	—	—	315-450	32,5	500-900	32,8	≥ 1000	33,2
Д	Е	32,0	9,6	23,4	$44,5 \pm 0,7$	$29,0 \pm 1$	2,0	—	—	500-560	38,5	630-1120	38,9	≥ 1250	39,3
Е	—	42,0	12,5	30,5	$58,0 \pm 0,8$	$38,0 \pm 1$	2,5	—	—	—	—	800-1400	50,6	≥ 1800	51,1

Примечания: 1. Размеры b , b_1 и e не распространяются на шкивы сварные из листового материала и шкивы для полуперекрытых передач.

2. Предельные отклонения расстояния между первой и любой другой канавкой в многоканавочном шкиве не должны превышать предельных отклонений, указанных для размера e .

Наружный диаметр резьбы $D_n = 120$ мм.

Рабочая высота профиля $H_1 = 0,5 * P$; $H_1 = 12$ мм.

Угол между рабочей поверхностью

и нормалью к продольной оси винта $U_a = 15$ градусов..

Материал винта – сталь 40 X ГОСТ 4543 –71.

Закалка с 860 градус.С в масло, отпуск с 400 град.С.

Класс 8.8 Временное сопротивление разрыву 800 Н/кв.мм. по ГОСТ 52643-2006..

Витки шлифованные.

Рабочая длина винта $LL = 1000$ мм.

Материал гайки оловянно свинцовая бронза БрО10С10
ГОСТ 613 – 79.

применяется на сильно нагруженных узлах скольжения.

Смазка скудная.

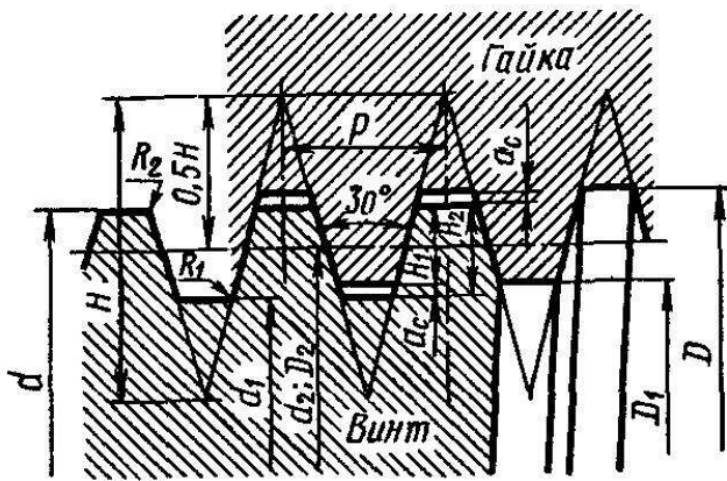
Кольцевой подпятник винта из закаленной стали 40 X
ГОСТ 4543 –71.

Опора подпятника:

По такой же закаленной шлифованной стали при скудной
смазке.

Наружный диаметр подпятника: $D_{np} = 140$ мм.

Внутренний диаметр подпятника: $D_{vp} = 60$ мм.



$$H = 1,866P; H_1 = 0,5P; H_2 = 0,5P + a_c$$

Расчет:

Мощность необходимая на подъем груза:

$$N_g = F_g \cdot V; N_g = 1000000 \cdot 0,003 = 3000 \text{ ватт.}$$

$$\text{Средний диаметр резьбы: } D_s = D_n - 0,5 \cdot P; D_s = 120 - 12 = 108 \text{ мм.}$$

$$\text{Скорость вращения винта: } V_u = V / (P \cdot n); V_u = 0,003 / 0,024;$$

$V_u = 0,125 \text{ об / сек.} \dots V_u = 7,5 \text{ об/мин.} \dots V_u = 0,7854 \text{ рад/сек.} \dots$

$(w = 2 * \pi * V_u \dots \text{ рад/сек. } V_u \text{ в об/сек.} \dots)$

Крутящий момент для подъема: $M_{pg} = N_g / (2 * \pi * V_u) \dots$

$M_{pg} = 3000 / (2 * \pi * 0,125) \dots M_{pg} = 3819,72 \text{ Н*метр.} \dots$

Линейная скорость витка винта относительно гайки: $V_L = \pi * D_s * V_u;$

$V_L = \pi * 108 * 0,125 = 42.4115 \text{ мм / сек. } V_L = 0,0424115 \text{ м / сек.} \dots$

Угол подъема средней винтовой линии резьбы:

$U_r = \arctan(P * n / (\pi * D_s)); U_r = \arctan(24 / (\pi * 108));$

$U_r = \arctan(0,07073553); U_r = 4,04610810 \text{ градусов.} \dots$

По таблице коэф. трения:

(сталь по бронзе при скудной смазке при скорости скольжения менее 1 м / сек.) коэф. трения $K_{Tf} = 0,13 \dots$

Угол между рабочей поверхностью и нормалью к продольной оси винта $U_a = 15 \text{ градусов.} \dots$

Приведенный коэф. трения: $K_{Tfp} = K_{Tf} / \cos U_a; K_{Tfp} = 0,13 / \cos(15); K_{Tfp} = 0,134586 \dots$

Сила трения: $F_{trv} = K_{Tfp} * F_g \dots F_{trv} = 0,134586 * 1000000 \dots F_{trv} = 134586 \text{ Н.} \dots$

Момент трения на резьбе винта: $M_{tR} = D_s * F_g * K_{Tfp} / 2 ;$

$M_{tR} = 0,108 * 1000000 * 0,134586 / 2; M_{tR} = 7267,64 \text{ Н * метр.} \dots$

Приведенный угол трения:

$U_p = \arctan(K_{Tfp}); U_p = \arctan(0,134586); U_p =$

7,6651450...

Так как $U_p > U_r$... ($U_r = 4,04610810$ градусов) ... винтовая передача самотормозящая.

Мощность затрачиваемая на трение Винт – Гайка: $N_{vg} = F_{trv} * V_L$..

$N_{vg} = 134586 * 0,0424115$.. $N_{vg} = 5708$ Вт...

Расчет подпятника винта:

Средний диаметр подпятника: $D_{sp} = (D_{np} + D_{vp}) / 2$;
 $D_{sp} = (140 + 60) / 2$;

$D_{sp} = 100$ мм. $D_{sp} = 0,1$ метра.

Средняя скорость скольжения поверхности: $V_p = P_{ii} * D_{sp} * V_u$;

$V_p = P_{ii} * 100 * 0,125$; $V_p = 39,26991$ мм / сек. $V_p = 0,03926991$ м / сек.

По таблице коэф. трения: коэф. трения $K_{Tp} = 0,3$...

(сталь по стали при скудной смазке при скорости скольжения менее 1 м / сек.).

Момент трения на подпятнике: $M_{tp} = D_{sp} * F_g * K_{Tp} / 2$;

$M_{tp} = 0,1 * 1000000 * 0,3 / 2$; $M_{tp} = 15000$ Н * метр.

Мощность расходуемая на трение в подпятнике:

$N_p = F_g * K_{Tp} * V_p$; $N_p = 1000000 * 0,3 * 0,03926991$; $N_p = 11,781$ кВт.

Мощность подводимая от привода к винту:

$N_t = N_g + N_p + N_R$; $N_t = 3,0 + 5,708 + 11,781 = 20,5$ кВт.
 $N_t = 20,5$ кВт.

Крутящий момент подводимый к винту: $M_k = N_t / (V_u *$

$2 * P_{ii}$);

$M_k = 20500 / (0,125 * 2 * P_{ii}); M_k = 26102 \text{ Н} * \text{метр}...$

Расчет винта на прочность:

Внутренний диаметр резьбы винта $D_{VR} = D_n - 26$; (по ГОСТ 9484 – 81.)...

$D_{VR} = 120 - 26 = 94 \text{ мм.}$

Площадь поперечного сечения по внутреннему диаметру винта:

$SVR = D_{VR} * D_{VR} * P_{ii} / 4$; $SVR = 94 * 94 * P_{ii} / 4 = 6939,778 \text{ кв.мм.}$

Максимальная допустимая нагрузка
 $F_{mdv} = 0,625 * 800 * SVR...$ $F_{mdv} = 0,625 * 800 * 6939,778 ...$

$F_{mdv} = 3469890 \text{ Н}...$ Запас прочности $K = 3469890 / 1000000...$ $K = 3,47...$ Винт прочен..

Расчет винта на устойчивость:

Момент инерции винта (считаем по внутреннему диаметру резьбы):

$(94 ** 4 = 78074896...$ Это 94 в четвертой степени)...

$J_x = P_{ii} * (D_{VR} ** 4) / 64$; $J_x = P_{ii} * (94 ** 4) / 64$;

$J_x = P_{ii} * 78074896 / 64$; $J_x = 3832492,5 ...$

Площадь сечения (считаем по внутреннему диаметру резьбы):

$SVR = 6939,778 \text{ кв.мм.}$ (рассчитано ранее)..

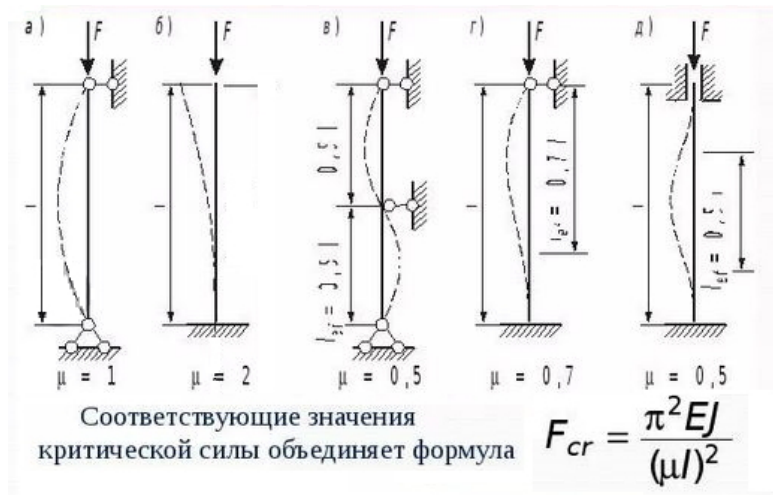
Радиус инерции сечения:

$I_i = \sqrt{ J_x / SVR }$; $I_i = \sqrt{ 3832492,5 / 6939,778 }$; $I_i =$

23,5 мм.

Винт внизу находится в достаточно длинной гайке – полагаем, что это жесткая заделка.

Сверху на винте свободно висит груз: При этой конструкции коэф. приведения длины винта $K_p = 2...$



В нашем случае (рис.b- $\mu = K_p = 2$)..

Гибкость винта: $G = LL * K_p / I_i$; $G = 1000 * 2 / 23,5$; $G = 85,1...$

По таблице для легированной стали находим значение коэф. K_u ..

Для $G = 80$.. $K_y = 0,66$... $G = 90$.. $K_y = 0,54$...

Интерполяцией находим для $G = 85,1$.. $K_y = 0,599$...

Коэф. уменьшения основного допускаемого напряжения

$K_y = 0,599$...

(Смотри таблицу).

Напряжение сжатия: $B_{sv} = F_g / (S_{VR} * K_y);$

$B_{sv} = 1000000 / (6939,778 * 0,599) ; B_{sv} = 240,562 \text{ Н /}$

кв.мм.

При максимально допускаемом напряжении = 500 Н /

кв.мм.

Винт прочен.. (с учетом устойчивости винта)...

.....

Примечание:

Если гибкость винта превышает 100, то расчет ведем

по формуле Эйлера: Определим критическую нагрузку

F_{gk} :

$F_{gk} = P_{ii} * P_{ii} * E * J_x / ((L L * K_{п}) * (L L * K_{п}));$

Где $E = 210000 \text{ МПа}$ – Модуль упругости легированной

стали.

Запас устойчивости по критической нагрузке должен быть

= 3 .. 6..

.....

Момент сопротивления кручению по внутреннему диа-

метру винта:

$W_R = P_{ii} * D_{VR} * D_{VR} * D_{VR} / 16; W_R = P_{ii} * 94 * 94$

$* 94 / 16;$

$WR = 163084,787$ куб.мм.

Касательное напряжение от крутящего момента:

$T_v = M_k * 1000 / WR$; $T_v = 26087405 / 163084,787$; $T_v =$

$159,962$ Н / кв.мм.

Приведенное напряжение (эквивалентное):

$Be = \sqrt{B_{sv} * B_{sv} + 4 * T_v * T_v}$;

$Be = \sqrt{240,562 * 240,562 + 4 * 159,962 * 159,962}$;

$Be = \sqrt{160221,4416}$; $Be = 400,277$ Н / кв.мм.

При максимально допускаемом напряжении = 500 Н /

кв.мм. Винт прочен..

Расчет гайки на прочность:

Распределение нагрузки по виткам гайки неравномерное.

Экспериментально определено:

По И.А. Биргеру стр. 54.. Распределение нагрузки в процентах от общего усилия по виткам винта.

Отсчет ведем от опорного торца гайки. Первый виток $36,5-37,4\%$.. Второй $23,8-22,8\%$.. Третий $16,5-16,8\%$..

Четвертый $12,8-13,4\%$.. Пятый $10,5-9,64\%$.. Поэтому в расчет берут обычно восемь витков.

По ГОСТ 5915-70 высота гайки берется $7,4-7,6$ витков, напряжение растяжения принимается

по внутреннему сечению резьбы винта как $0,625$ от временного сопротивления разрыву стали (металла).

Высоту гайки назначают в диапазоне от $H_g = 1,25 * D_n$;

до $H_g = 2 * D_n$; для обеспечения лучшего центрирования

винта.

В виду того, что нагрузку воспринимают не более восьми витков резьбы

– в расчет берут реальное количество витков гайки но не более восьми.

Рассчитаем гайку высотой $H_g = 192$ мм (восемь витков)..
 $N_v = 8...$

Расчет на срез витков гайки (винт более прочный).

Длина развертки восьми витков винта по наружному диаметру:

$$L_v = (\sqrt{ (D_n * P_{ii}) * (D_n * P_{ii}) + (P * P) }) * N_v;$$

$$L_v = (\sqrt{ (120 * P_{ii}) * (120 * P_{ii}) + (24 * 24) }) * 8 = 3022 \text{ мм}...$$

Толщина витка гайки в месте среза (для трапецеидальной резьбы):

$$H_v = (P / 2) + ((\operatorname{tg} (U_a)) * (P / 4)) * 2;$$

$$H_v = 12 + ((\operatorname{tg} (15)) * 6) * 2; H_v = 15,2154 \text{ мм}$$

Площадь среза восьми витков:

$$S_v = L_v * H_v; S_v = 3022 * 15,2154 = 45980,9 \text{ кв.мм.}$$

Напряжение среза:

$$B_{sg} = F_g / S_v; B_{sg} = 1000000 / 45980,9 = 21,75 \text{ Н / кв.мм....}$$

Расчет витков гайки на изгиб:

Рассчитываем как консольную балку жестко заделанную в стену.

Высота сечения витка: $H_{vi} = 15,75$ мм. (по прорисовке)..

Длина сечения витка: $L_v = 3022$ мм. (из предыдущего рас-

чета)..

Момент сопротивления изгибу сечения:

$H_{vi}=15,75$ мм. Взято по прорисовке профиля резьбы.

$W_v = L_v * H_{vi} * H_{vi} / 6$; $W_v = 3022 * 15,75 * 15,75 / 6$;

$W_v = 124940,8$ куб.мм.

Плечо изгибающего момента $L_p = 7$ мм. (по прорисовке)..

Изгибающий момент: $M_v = F_g * L_p$; $M_v = 1000000 * 7$;
 $M_v = 7000000$ Н*мм.

Напряжение изгиба: $B_{vi} = M_v / W_v$; $B_{vi} = 7000000 / 124940,8$; $B_{vi} = 56,03$ Н / кв.мм.

Площадь контакта витков гайки с винтом:

$S_{vk} = N_v * P_{ii} * ((D_n * D_n) - ((D_n - P) * (D_n - P))) / 4$;
 $S_{vk} = 8 * P_{ii} * ((120 * 120) - ((120 - 24) * (120 - 24))) / 4$;
 $S_{vk} = 32572,03$ кв.мм.

Удельное давление на виток:

$U_{fv} = F_g / S_{vk}$; $U_{fv} = 1000000 / 32572,03$; $U_{fv} = 30,7$ Н / кв.мм.

Примечание: Имеем чертежи давно и успешно работающего винтового пресса с усилием на винт 100 Тс.

Чертежи № 211 и № 609 смотри по ссылке ##

Ссылка Studenty.zip : <https://disk.yandex.ru/d/orKSVHysYSMK0Q>

Studenty.zip : CRC 32 = 77d05e10... Объем ==
77,916,434....

.....

Ссылка Студенту.zip : <https://disk.yandex.ru/d/Rbo3M49TP3xMdg>

Студенту.zip: CRC 32 = E76A2853... Объем = 152458350...

.....

Выполняем перерасчет: Наружный диаметр винта = 135 мм. Внутр. диам. гайки = 111 мм.

Шаг ленточной резьбы = 25 мм. толщина витка 12,5 мм. Гайка имеет 12 раб.витков. Бронза.

Длина развертки двенадцати витков гайки по среднему диаметру контакта = 123мм.:

$$L_v = (\sqrt{ (D_n * P_{ii}) * (D_n * P_{ii}) + (P * P) }) * N_v;$$

$$L_v = (\sqrt{ (123 * P_{ii}) * (123 * P_{ii}) + (25 * 25) }) * 12 = 4646 \text{ мм.}$$

Ширина пояска контакта: $L_{kk} = (135 - 111) / 2 = 12 \text{ мм.}$

Площадь контакта: $S_{kk} = L_v * L_{kk} = 4646 * 12 = 55752 \text{ кв.мм.}$

Удельное давление на виток:

$$F_{сж} = F_g / S_{kk}; F_{сж} = 1000000 / 55752; F_{сж} = 17,94 \text{ Н / кв.мм.}$$

Как видим, на работающем прессе, напряжения взяты в расчет меньше в 1,7 раза.

Конструктивно там винт не вращается – вращается гайка с опорой на упорный шариковый подшипник.

К резьбе гайки и к опорному подшипнику подведена цир-

куляционная смазка.

В результате потери на трение существенно снижены.

Примечание: Параметры антифрикционной литой бронзы ГОСТ 613-79.

марки БрО5Ц5С5 – Врем.сопрот.=176,2 МПа (18 кгс/кв.мм.).

марки БрО10Ц2 – Врем.сопрот.=225,5 МПа (23 кгс/кв.мм.).

Бронза значительно мягче стали (модуль упругости меньше). Сталь $E=210000$.. Бронза $E=100000$ МПа...

Бронза хорошо прирабатывается к профилю винта, поэтому распределение нагрузки

по виткам резьбы более равномерное, чем у стальной гайки.

Смотрим таблицу допускаемых напряжений в резьбе по Д.Ф. Гуревичу..

Допускаемые напряжения в резьбе (при работе со смазкой)

Материал гайки	$\sigma_{\text{доп. см}}$ в кг/см ²			$\sigma_{\text{доп. изг}}$	$\tau_{\text{доп. ср}}$
	Подвижное соединение (трапецидальная резьба)	Неподвижное соединение (метрическая резьба)			
		Гайка навинчивается под нагрузкой	Гайка навинчивается без нагрузки	в кг/см ²	
Бронза					
Бр. АЖМц10-3-1,5	300	600	1000	800	600
Бр. АМц9-2	250	600	1000	700	500
Бр. АЖН11-6-6	300	600	3000	1500	1000
Латунь					
ЛС59-1	200	400	1000	750	500
ЛК80-3Л	200	400	1000	750	500
ЛМцС58-2-2	200	400	1600	750	500
Чугуны					
СЧ15—32 и ЖЧ1	400	800	2000	600	300
Чугун ковкий КЧ36	350	700	1200	800	600
Сталь					
X18H10T	250	600	1400	1100	700
2X13 и 1X17H2	300	700	2500	1600	1000
Сталь углеродистая и легированная	350	800	$0,7\sigma_T$	$\sigma_{\text{доп. изг}}^*$	$0,7\sigma_{\text{доп. изг}}$
Фторопласт 4 при $t=20^\circ\text{C}$	100	100	100	110	70

Значения допускаемых давлений в опоре буртика q_6 для стального шпинделя:

Крышка стальная	250 кг/см ²
Крышка чугунная	300. »
В крышке бронзовая шайба	300 »
В крышке латунная шайба	200 »

Для обеспечения прочности буртика необходимо, чтобы усилие не вызывало недопустимо больших напряжений:

Примечание:

Для треугольной резьбы с углом профиля 60 град... ГОСТ 9150-2002.

$H_{mr}=0,866025403 \cdot P$.. Высота треугольника построения профиля.

$D_s=(D_n+H_{mr}/4)-H_{mr}$.. Средний диаметр резьбы.

$DVG=(D_n+H_{mr}/4)-(1,5 \cdot H_{mr})$.. Отверстие гайки.

$DVR=D_n-(1,22687 \cdot P)$.. Внутренний диаметр резьбы винта.

$H_v=0,8695 \cdot P$.. Расчетная высота сечения витка гайки на изгиб.

$L_p=0,2706 \cdot P$.. Плечо изгиб момента для витка гайки.

$H_{vs}=0,86 \cdot P$.. Расчетная высота сечения витка гайки на

срез.

Для винта с трапецеидальной резьбой – с углом 30 градусов..

$DVG = D_n - P$.. # Отверстие гайки ГОСТ 9484-91.

$D_s = (DVG + D_n) / 2$.. # Средний диаметр резьбы.

Расчетная высота сечения витка гайки на изгиб:

$x = \tan(U_a)$..

$H_v = (P/2) + (((D_s - D_{VR})/2) * x)$..

$L_p = (D_s - D_{VR})/2$.. # Плечо изгиб момента для витка гайки.

Расчетная высота сечения витка гайки на срез:

$H_{vs} = (P/2) - (((D_s - D_{VR})/2) * x)$..

Для винта с упорной резьбой : с углом 30 + 3 градусов
ГОСТ 10177-82 :

$H_{mr} = 1,587911 * P$.. Высота треугольника построения профиля.

$D_s = D_n - 0,75 * P$.. Средний диаметр резьбы.

$DVG = D_n - 1,5 * P$.. Отверстие гайки.

$D_{VR} = D_n - 1,7184 * P$.. Внутренний диаметр резьбы винта.

$H_v = 0,7362 * P$.. Расчетная высота сечения витка гайки на изгиб.

$L_p = 0,375 * P$.. Плечо изгиб момента для витка гайки.

$H_{vs} = 0,7362 * P$.. Расчетная высота сечения витка гайки на

срез.

Справочные данные:

Коэф. полезного действия винтовой пары:

$$MV = \tan (U_r) / (\tan (U_r + U_p));$$

$$MV = \tan (4,04610810) / (\tan (4,0461081 + 7,665145));$$

$$MV = 0,34123...$$

Резьбы:

Резьба метрическая ГОСТы 8724-2002; 9150-2002; 24705-2002...

Угол профиля = 60 градус... Угол $U_a = 30..$

.....

Резьба трапецеидальная ГОСТ 9484-81.

Угол профиля = 30 град. .. Угол $U_a = 15..$

.....

Резьба упорная ГОСТ 10177-82.

Угол профиля = 30 + 3 град. .. Угол $U_a = 3$ градуса...

.....

Резьба упорная усиленная ГОСТ 13535-87.

Угол профиля = 45 + 3 град. .. Угол $U_a = 3$ град...

.....

Таблица Rv-01.

Таблица K_u – коэффициента уменьшения допускаемых напряжений в зависимости от гибкости элемента.

Гибкость	Стали				Чугуны		Дерево
	Ст 2; Ст 3; Ст 4	Ст 5.	10Г2С1; 15ГФ	10ХСНД	СЧ15-32; СЧ21-40	СЧ24-44; СЧ28-48	
0	1	1	1	1	1	1	1
10	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,95	0,99
20	0,96	0,96	0,95	0,95	0,91	0,87	0,97
30	0,94	0,93	0,92	0,92	0,81	0,75	0,93
40	0,92	0,89	0,89	0,88	0,69	0,60	0,87
50	0,89	0,85	0,84	0,82	0,57	0,43	0,80
60	0,86	0,80	0,78	0,77	0,44	0,32	0,71
70	0,81	0,74	0,71	0,68	0,34	0,23	0,61
80	0,75	0,67	0,63	0,59	0,26	0,18	0,48
90	0,69	0,59	0,54	0,50	0,20	0,14	0,38
100	0,60	0,50	0,46	0,43	0,16	0,12	0,31
110	0,52	0,43	0,39	0,36	--	--	0,26

Гибкость	Стали				Дерево
	Ст 2; Ст 3; Ст 4	Ст 5.	10Г2С1; 15ГФ	10ХСНД	
120	0,45	0,37	0,33	0,31	0,22
130	0,40	0,32	0,29	0,27	0,18
140	0,36	0,28	0,25	0,23	0,16
150	0,32	0,25	0,23	0,20	0,14
160	0,29	0,23	0,21	0,18	0,12
170	0,26	0,21	0,19	0,16	0,11
180	0,23	0,19	0,17	0,14	0,10
190	0,21	0,17	0,15	0,12	0,09
200	0,19	0,15	0,13	0,11	0,08
210	0,17	0,14	0,12	0,10	—
220	0,16	0,13	0,11	0,09	—

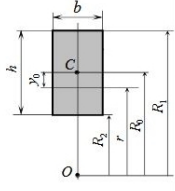
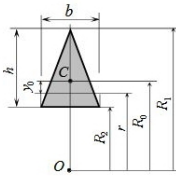
	Стали				Чугуны		
Гибкость	Ст 2; Ст 3; Ст 4	Ст 5.	10Г2С1; 15ГФ	10ХСНД	СЧ1 5-32; СЧ21-40	СЧ24-44; СЧ28-48	Дерево
0	1	1	1	1	1	1	1
10	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,95	0,99
20	0,96	0,96	0,95	0,95	0,91	0,87	0,97
30	0,94	0,93	0,92	0,92	0,81	0,75	0,93
40	0,92	0,89	0,89	0,88	0,69	0,60	0,87
50	0,89	0,85	0,84	0,82	0,57	0,43	0,80
60	0,86	0,80	0,78	0,77	0,44	0,32	0,71
70	0,81	0,74	0,71	0,68	0,34	0,23	0,61
80	0,75	0,67	0,63	0,59	0,26	0,18	0,48
90	0,69	0,59	0,54	0,50	0,20	0,14	0,38
100	0,60	0,50	0,46	0,43	0,16	0,12	0,31
110	0,52	0,43	0,39	0,36	--	--	0,26

	Стали				
Гибкость	Ст 2; Ст 3; Ст 4	Ст 5.	10Г2С1; 15ГФ	10ХСНД	Дерево
120	0,45	0,37	0,33	0,31	0,22
130	0,40	0,32	0,29	0,27	0,18
140	0,36	0,28	0,25	0,23	0,16
150	0,32	0,25	0,23	0,20	0,14
160	0,29	0,23	0,21	0,18	0,12
170	0,26	0,21	0,19	0,16	0,11
180	0,23	0,19	0,17	0,14	0,10
190	0,21	0,17	0,15	0,12	0,09
200	0,19	0,15	0,13	0,11	0,08
210	0,17	0,14	0,12	0,10	--
220	0,16	0,13	0,11	0,09	--

Напряжения плоского кривого бруса при изгибе.

Таблица Skb-01.

Формулы для определения радиуса кривизны и смещения нейтральной оси в кривом брус

Тип сечения	Круг	Прямоугольник	Треугольник
	 Нейтральная ось Центр кривизны		
Точное решение	$r = \frac{D^2}{8 \left(R_0 - \sqrt{R_0^2 - \frac{D^2}{4}} \right)}$	$r = \frac{h}{\ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)}$	$r = \frac{h^2}{2 \left[R_2 \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right) - h \right]}$
Приближенное решение	$y_0 = \frac{D^2}{16R_0}$	$y_0 = \frac{h^2}{12R_0}$	$y_0 = \frac{h^2}{18R_0}$

Нормальное напряжение в сечении на радиусе R_x :

$$\sigma_n = M \cdot (R_x - R_0) / (F \cdot \epsilon \cdot R_x) \dots$$

Где :

M – изгибающий момент в сечении.

F – площадь сечения.

e – смещение нейтральной оси бруса от оси центра тяжести сечения.

R_x – радиус на котором определяем напряжение.

R_0 – радиус нейтрального слоя.

$$e = R - R_0 ;$$

Радиус нейтрального слоя R_0 определяется :

.....

Для поперечного сечения бруса в виде прямоугольника :

$$R_0 = R * (1 - (((h / R) * (h / R)) / 12))...$$

Где :

R – радиус слоя проходящего по центру тяжести сечения.

h – высота сечения.

.....

Для поперечного сечения бруса в виде круга :

$$R = (D_n + D_v) / 2 ; e = R - R_0 ;$$

R – радиус слоя проходящего по центру тяжести сечения.

D_n – Наружный диаметр тора.

D_v – Внутренний диаметр тора .

Радиус нейтрального слоя R_0 определяется :

$$R_0 = (R + (\sqrt{(R * R) - (d * d / 4)})) / 2...$$

Где :

R – радиус слоя проходящего по центру тяжести сечения.

d – диаметр сечения.

.....

Овальное звено типа ОВ1-10.

Исходные :

Радиус внутренней части тора $R_{вн} = 70$ мм.

Диаметр сечения прутка тора $d = 50$ мм.

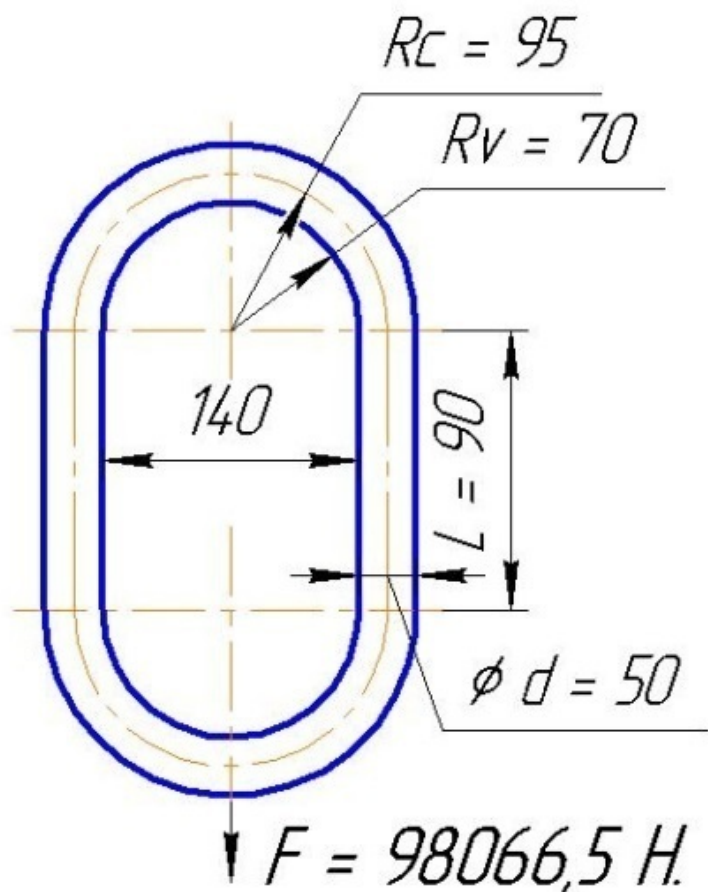
Расстояние между центрами $L = 90$ мм.

Усилие на серьгу $F = 98066,5$ Н.

Предел прочности материала $B_v = 410$ МПа.

Напряжение текучести материала $B_t = 270$ МПа.

Расчет :



Расчет:

Сечение прутка: $d = 50$ мм.

$$S = \pi \cdot d \cdot d / 4 \dots S = 1963,4954 \text{ кв.мм.}$$

Момент инерции сечения по оси X-X:

$$J = \pi \cdot d \cdot d \cdot d \cdot d / 64 \dots J = 306796,158 \dots$$

Соппротивление изгибу:

$$W = \pi \cdot d \cdot d \cdot d / 32 \dots W = 12271,8463 \text{ куб.мм.}$$

Напряжение на прямых участках прутка серги:

$$\sigma = F / (2 \cdot S) \dots \sigma = 24,972 \text{ Н / кв.мм.}$$

Запас прочности от предела прочности:

$$K = \sigma_v / \sigma \dots K = 410 / 24,972 = 16,4 > [5] \dots$$

Прочность достаточна.

Расчет криволинейного участка:

Радиус среднего слоя: $R_c = 95$ мм.

Максимальный момент:

$$M_m = F \cdot R_c \cdot ((L / 2) + R_c) / (L + (\pi \cdot R_c)) \dots$$

$$M_m = 98066,5 \cdot 95 \cdot (45 + 95) / (90 + (\pi \cdot 95)) \dots$$

$$M_m = 3357652,41 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Предельный момент:

$$M_p = \sigma_v \cdot W \dots$$

$$M_p = 410 \cdot 12271,8463 \dots M_p = 5031457 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Запас прочности по предельному моменту:

$$K = M_p / M_m \dots K = 5031457 / 3357652,41 \dots K = 1,4985$$

$> [1,25]$..

Прочность достаточна.

Напряжение изгиба для внутреннего (сжатого) волокна:

$$\sigma_{iv} = (M_m * (d/2) / J) * (R_c / (R_c - (d/2)))...$$

$$\sigma_{iv} = (3357652,41 * 25 / 306796,158) * (95 / (95 - 25))...$$

$$\sigma_{iv} = 371,323 \text{ Н / кв.мм.}$$

Находим коэф. X_x :

$$X_x = R_c / (R_c - (d/2))... X_x = 95 / (95 - 25)... X_x = 1,35714...$$

По графику находим коэф. $Y_x = 2,221...$

(Кривой брус прочней прямого бруса)...

$$\text{Коэф. запаса: } K = \sigma_{bt} * Y_x / \sigma_{iv} ... K = 270 * 2,221 / 371,32 = 1,615 > [1,25].$$

Прочность достаточна.

Напряжение изгиба для наружного (растянутого внешнего) волокна:

$$\sigma_{in} = (M_m * (d/2) * R_c / J) * (R_c + (d/2))...$$

$$\sigma_{in} = (3357652,41 * 25 / 306796,158) * (95 / (95 + 25))...$$

$$\sigma_{in} = 216,606 \text{ Н / кв.мм.}$$

Находим коэф. X_x :

$$X_x = R_c / (R_c + (d/2))... X_x = 95 / (95 + 25)... X_x = 0,79167...$$

По графику находим коэф. $Y_x = 1,2675... (Skb-02.)$.

$$\text{Коэф. запаса: } K = \sigma_{bt} * Y_x / \sigma_{in} ... K = 270 * 1,2675 /$$

$$216,606 = 1,58 > [1,25]..$$

Прочность достаточна...

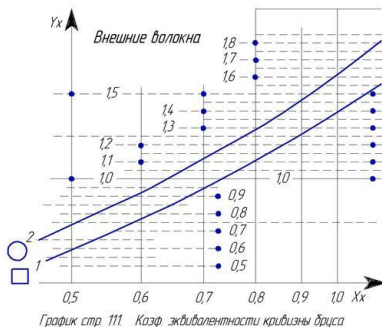
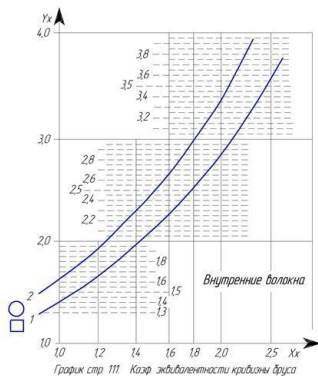
Развернутая длина звена:

$$L_r = (2 * \Pi i * R_c) + (2 * L) \dots L_r = 776,9 \text{ мм.}$$

Масса звена:

$$Q_m = 7,85 * S * L_r / 1000000; \dots Q_m = 11,98 \text{ кг.}$$

График Skb-02.



Контрольный пересчет звена по РД 10-33-93.

Торообразный элемент звена ОВ1-10 .

Исходные :

Радиус внутренней части тора $R_{вн} = 70 \text{ мм.}$

Диаметр сечения тора $d = 50$ мм.

Усилие на серьгу $F = 98066,5$ Н.

Предел прочности материала $B_v = 410$ МПа.

Напряжение текучести материала $B_t = 270$ МПа.

Расчет :

Расчет криволинейного участка: (смотри расчет серьги).

Момент сопротивления Φ 50 мм.

$W = 12271,846$ куб.мм..

Площадь сечения $S = 1963,4954$ кв.мм .

Средний радиус тора $R = 95$ мм.

Коэф. X_x – для работы с таблицей :

$X_x = R / (R + (D_{ps} / 2)) \dots X_x = 0,791667;$

Коэф. Y_x – определяем интерполяцией.

$Y_x = 1,35714$; График Skb-02. Табл. Skb-03.

(X_x и Y_x смотри таблицу в расчете серьги).

Предельный изгибающий момент:

$M_{PR} = B_t * W * Y_x \dots M_{PR} = 4496745$ Н*мм.

Максимальный изгибающий момент:

$M_M = M_m = 0,318 * F * R \dots M_M = 2962589$ Н*мм.

Коэф. запаса по изгибающему моменту.

$K = M_{PR} / M_m = 1,518$; Достаточно прочно.

Минимальный допустимый коэф. запаса = 1,25 ;

Исходные данные :

Прямой участок элемента звена ОВ1-10 .

Диаметр сечения = 50 мм.

Усилие на одну ветвь = 49033,25 Н.

Расчет :

Площадь сечения одной ветви $S = 1963,4954$ кв.мм.

Напряжение растяжения = 24,9724 МПа.

Коэф. запаса по растяжению от пред.проч. = 16,41813 ;

Минимальный допустимый коэф. запаса = 5,00 ;

Расчет серьги.

Исходные данные:

$Q = 20$ кН.

$L_{xs} = 80$ мм.

$D_{ps} = 24$ мм.

$L_{xp} = 60$ мм.

$D_{xp} = 40$ мм.

$D_{pp} = 30$ мм.

$S_{xp} = 30$ мм.

$C_{pp} = 120$ мм.

Металл серьги:

Сталь 20 ГОСТ 1050-88...

$B_t = 240$ Н/кв.мм.

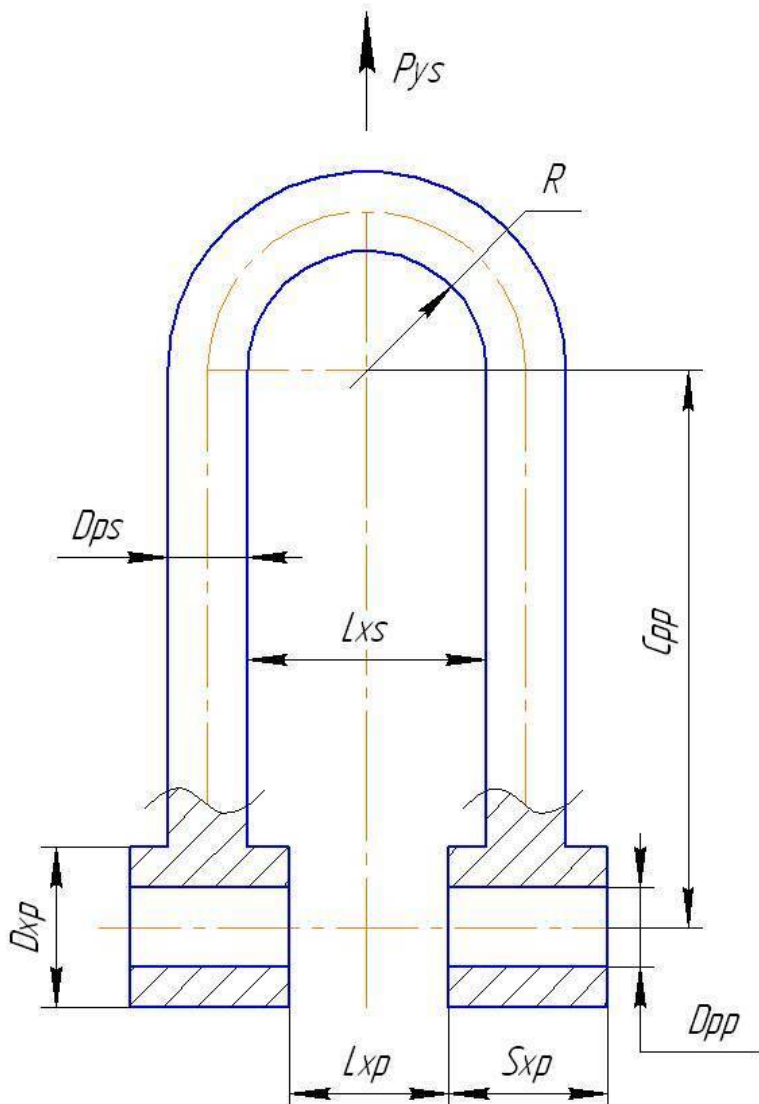
$B_v = 410$ Н/кв.мм.

Металл пальца:

Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

$$B_{tp} = 360 \text{ H/кВ.мм.}$$

$$B_{vp} = 610 \text{ H/кВ.мм.}$$



Расчет:

Сечение прутка: $D_{ps} = 24$ мм.

$S = \pi \cdot D_{ps}^2 / 4 \dots S = 452,3893$ кв.мм.

Сопротивление изгибу:

$W = \pi \cdot D_{ps}^3 / 32 \dots W = 1357,168$ куб.мм.

Напряжение на прямых участках прутка серьги:

$BR = Q / (2 \cdot S) \dots BR = 22,105$ Н / кв.мм.

Запас прочности от предела прочности:

$K = B_v / BR \dots K = 410 / 22,105 = 18,5 > [5] \dots$

Прочность достаточна.

Расчет криволинейного участка:

Радиус среднего слоя:

$R_c = (L_{xp} + D_{ps}) / 2 \dots R_c = 52$ мм...

Коэффициент X_x :

$X_x = R / (R + (D_{ps} / 2)) \dots X_x = 0,8125 \dots$

Таблица по графику (для круглого сечения Таб. 02).

Таб. Skb-03.

..

Внешние волокна.

X _x	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Y	0,73	0,92	1,13	1,28	1,46	1,62

Внутренние волокна.

X _x	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Y	1,93	2,3	2,67	2,98	3,36

Линейной интерполяцией находим по формуле:

$$Y_x = ((Y_2 - Y_1) * (X_x - X_1) / (X_2 - X_1)) + Y_1 \dots$$

Находим: $Y_x = 1,303 \dots$

Предельный изгибающий момент для кривого бруса:

$$M_p = B_t * W * Y_x \dots M_p = 240 * 1357,168 * 1,303 \dots$$

$$M_p = 424413,58 \text{ Н*мм} \dots$$

Максимальный изгибающий момент как для части тора:

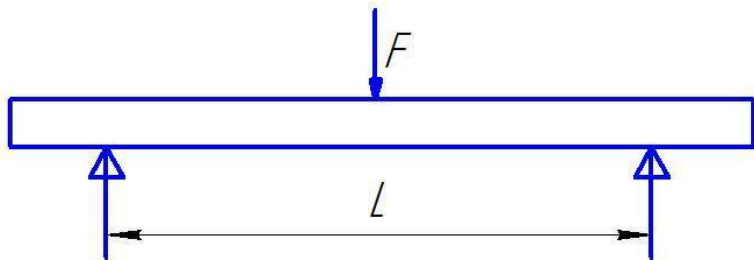
$$M_m = 0,318 * Q * R_c \dots M_m = 0,318 * 20000 * 52 \dots M_m$$

$$= 330720 \text{ Н*мм} \dots$$

$$\text{Коэффициент запаса: } K = M_p / M_m \dots K = 1,283 > [1,25]$$

...

Прочность достаточна...



Палец серьги на изгиб:

$$F = Q = 20000 \text{ Н} \dots$$

$$L = L_{xp} + S_{xp} \dots L = 90 \text{ мм}.$$

$$M_{\text{изг}} = L * F / 4 \dots M_{\text{изг}} = 450000 \text{ Н} * \text{мм} \dots$$

Сопротивление изгибу:

$$W_{ip} = \pi * D_{pp}^3 / 32 \dots W_{ip} = 2650,719 \text{ куб.мм}.$$

Напряжение изгиба пальца:

$$\sigma_{ip} = M_{\text{изг}} / W_{ip} \dots \sigma_{ip} = 169,765 \text{ Н / кв.мм}.$$

$$\text{Коэф. запаса от } \sigma_t : K = \sigma_t / \sigma_{ip} \dots K = 360 / 169,765 \dots$$

$$K = 2,12 > [1,25] \dots \text{Прочность достаточна} \dots$$

Расчет проушины на разрыв:

Сечение разрыва:

$$S_u = 2 * S_{xp} * (D_{xp} - D_{pp}) \dots S_u = 600 \text{ кв.мм}.$$

Напряжение разрыва:

$$\sigma_{RP} = Q / S_u \dots \sigma_{RP} = 33,33 \text{ Н / кв.мм}.$$

Коэф. запаса прочности от σ_v :

$$K = B_v / B_{RP} \dots K = 12,3 > [5] \dots$$

Прочность достаточна..

Расчет проушины на смятие: $D_{pp} = 30$.

$$S_{sm} = 2 * D_{pp} * S_{xp} \dots S_{sm} = 2 * 30 * 30 \dots$$

$$S_{sm} = 1800 \text{ кв.мм.}$$

Напряжение смятия: $B_{sm} = Q / S_{sm} \dots$

$$B_{sm} = 11,11 \text{ Н / кв.мм.}$$

Коэф.запаса от предела текучести :

$$K = B_t / B_{sm}.. K = 21,6 \dots$$

Прочность достаточна..

Расчет клещевого захвата.

(разработка автора).

Выбор материала.

Определение допускаемых напряжений. Смотри РД 10-33-93 Стр. 6.. ## Ссылка:

По рекомендациям пункт 2.3.3 Ударная вязкость металла деталей клещей при температуре минус 40 С. должна быть не менее 30 Дж / кв.см. По требованию заказчика проектируются клещи минимального веса. Поэтому для деталей клещей выбираем сталь 38 ХГН ГОСТ 4543-71.

с закалкой с 850 С. в масло и отпуском с 600 С. С контролем механических характеристик

после термообработки на образце – спутнике. Сталь 38 ХГН ГОСТ 4543-71 после термообработки

имеет предел текучести не менее 660 Н / кв.мм. Предел прочности не менее 950 Н / кв.мм.

и ударную вязкость при температуре минус 40 С. более 80 Дж / кв.см.

Для Стали 38 ХГН ГОСТ 4543-71 допустимое касательное напряжение не более 369 Н / кв.мм.

Для планок, по технологическим соображениям, выбираем сталь 09Г2С – ГОСТ 19281-2014.

с нормализацией. Учитывается возможность работы клещей при температуре до минус 40 С.

В общем виде клещей указываем рабочую температуру от плюс 200 до минус 40 градусов С.

Нестандартные элементы грузозахватных приспособлений рассчитываются на напряжения растяжения и изгиба с обеспечением запасов прочности, как на грузоподъемном крюке, не менее:

При расчете рабочей части крюка – запас прочности должен быть не менее одной целой и двух десятых – от предела текучести. При расчете ветвей головки крюка с проушиной на растяжение – запас прочности должен быть не менее одной целой и пяти десятых – от предела текучести.

пункт 2.1.6.

При расчете петель стропов: Прямолинейные участки рассчитываются на растяжение -

запас прочности должен быть не менее пяти – от предела прочности. пункт 2.1.7.

Криволинейные участки (с учетом кривизны) – запас прочности для внутренней стороны сечения должен быть не менее одной целой и одной десятой – от предела текучести. – На внешней стороне запас прочности должен быть не менее одной целой и трех десятых – от предела прочности. пункт 2.1.7.

При расчете канатов и цепей на действие номинальной нагрузки запас прочности по отношению к разрушающей нагрузке указанной в сертификате должен быть не менее пяти..

пункт 2.1.5. Для каната запас прочности не менее шести – по отношению к разрушающей нагрузке согласно сертификата.

Коэффициент надежности удержания груза как отношение закрывающего клещи момента

к моменту размыкания под весом груза должен быть не менее одной целой и двадцати пяти сотых .

Примечание: При расчете овального звена, серьги и клещей ссылки на нормы прочности по

« Руководящие материалы РД 10 – 33 – 93 .. Москва НПО ОБТ 2000 г. ».

Геометрический расчет.

Рабочий профиль схвата клещей очерчен внутренней и внешней кривыми, построенными по координатам из приведенной таблицы координат.

Концы схвата оканчиваются бобышками в виде дисков. Бобышки позволяют точно рассчитать положение центра тяжести захваченной круглой штанги. Точное положение центра тяжести захваченной штанги максимального диаметра обусловлено тремя точками контакта с поверхностью штанги.

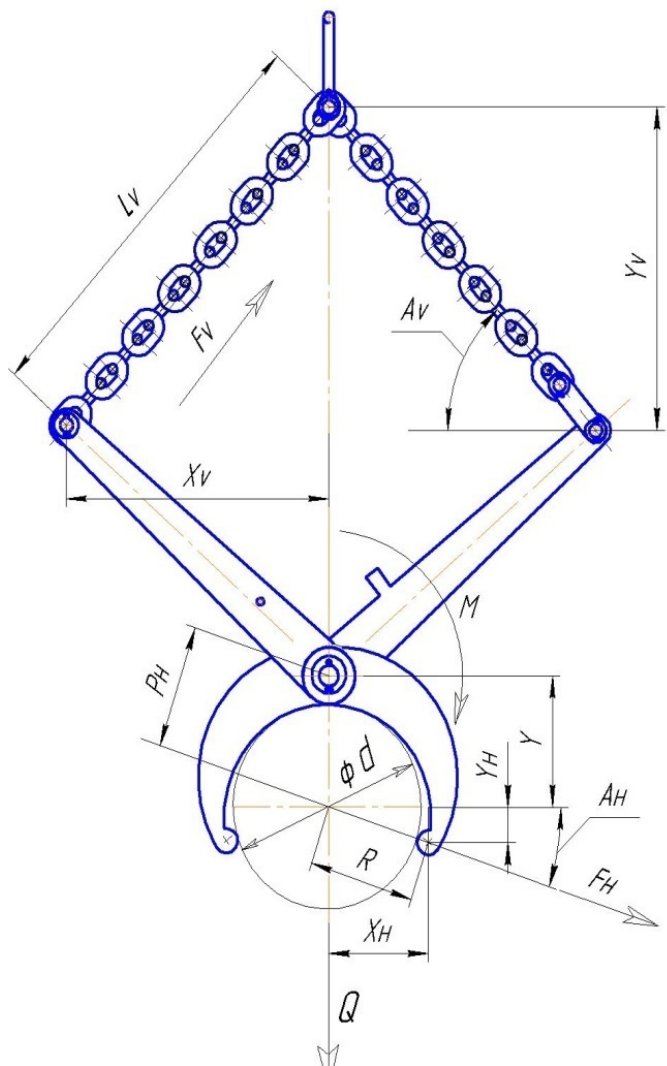
Две точки обеспечивают бобышки и одна точка – на окружности центра клещней.

При захвате заготовки диаметром меньше максимального – положение заготовки зафиксировано четырьмя точками

контакта с рычагами захвата, а именно: по две верхние точки на внутренней поверхности сопряжения нижней части рычага захвата и по две нижние точки контакта с бобышками на нижних концах рычагов. Все точки контакта расположены симметрично, относительно оси отвеса.

Точное положение центра тяжести штанги позволяет точно определить моменты и силы, действующие на детали клешней при захвате штанги.

Как показала практика: Износ клещевин происходит по поверхности бобышек. Поверхность бобышек навариваем износостойким покрытием с большой шероховатостью поверхности. Такая обработка позволяет надежно удерживать клещами даже квадратные заготовки. Квадратные (прямоугольные) заготовки имеют контакт с клещами по поверхности бобышек (сила сжатия проходит через центр бобышек) и это позволяет точно рассчитать усилия и моменты на деталях захвата. Практика показала, что прокат прямоугольного сечения не более наибольшего диаметра заготовки захватываемой клещами – удерживается надежно.



Исходные данные для геометрического расчета:

$d = 250 \text{ мм}$ – Наибольший диаметр заготовки захватываемой клещами.

$d_c = 70 \text{ мм}$ – Диаметр центра клещевины.

$d_b = 30 \text{ мм}$. – Диаметр бобышки.

$d_p = 26 \text{ мм}$. – Диаметр центрального пальца.

$Q = 10000$ – Усилие от веса заготовки в Ньютонах.

$U_r = 146$ – Угол развала в градусах.

$L_k = 244 \text{ мм}$ – Длина губки схвата от центра бобышки до центра клещевины.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.