**Задача 1.1. Расчет прямого ступенчатого стержня**



Исходные данные:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| F1, кН | F4, кН | F6, кН | L1, см | L2, см | L3, см | A1, см2 | A2, см2 | A2, см2 |
| 160 | 60 | 100 | 64 | 36 | 44 | 8 | 6 | 4 |

1. Построить эпюры продольных сил, напряжений и перемещений;
2. Оценить прочность стержня

**1) С целью определений значений продольных сил в различных сечениях выделим характерные сечения трехступенчатого стержня, в которых найдем продольные силы. И построим эпюру продольных сил.**



1. *Сечение 1–1*

кН

1. *Сечение 2–2*

 кН

1. *Сечение 3–3*

 кН

1. *Сечение 4–4*

 кН

1. *Сечение 5–5*

 кН

**2) На основании найденных значений продольных сил в характерных сечениях стержня строим эпюру продольных сил. Нормальные напряжения в тех же сечениях определим по формуле: .**

**И построим эпюру напряжений.**

 мПа

 мПа

 мПа

 мПа

**3) Вычислим деформации отдельных участков стержня по формуле:**

 *мм*

 *мм*

 *мм*

 *мм*

**4) Найдем характерные перемещения стержня и построим их эпюры**

*мм*

 *мм*

*=6 мм*

*+=11 мм*

*+=11 мм*

**5) Прочность материала стержня проверим в сечении, где наибольшее напряжение**

*Следовательно, перенапряжение материала составляет:*



**Задача 1.2. Геометрические характеристики плоских фигур**

Для составного сечения необходимо определить:

1. Положение центра тяжести
2. Осевые и центробежные моменты инерции относительно центральных осей
3. Положение главных центральных осей
4. Вычислить значения главных центральных моментов инерции
5. Построить круг инерции и по нему проверить положение главных центральных осей и значения главных центральных моментов инерции
6. Вычертить сечение в удобном масштабе и показать все необходимые оси и размеры

Исходные данные:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | A, см2 | Ix, см4 | Iy, см4 | Dxy, см4 |
| Лист 202 | 40 | 1333,3 | 13,3 | - |
| Уголок 12,5/8 | 14,1 | 73,7 | 22,7 | 74,58 |
| Швейлер 20а | 25,2 | 139 | 1670 | - |

**Решение**

1. **Найдем положение центра тяжести:**

Sx=A1\*y1+ A2\*y2+ A3\*y3=10\*40+21,8\*14,1+17,72\*25,2=1153,924 см3

Sy= A1\*x1+ A2\*x2+ A3\*x3=1\*40+8,49\*14,1+12\*25,2=462,109 см3

Xc==5,8 см

Yc==14,55 см

1. **Вычислим значения осевых и центробежных моментов инерции относительно центральных осей:**

IXc=IXi +Ai\*ai2)=73,7+1333,3+139+4,55\*40+3,172\*25,2+7,252\*14,1=3368,46 см4

IYc=IYi +Ai\*bi2)=13,3+227+1670+4,82\*40+2,692\*14,1+6,22\*25,2=3902,62 см4

DXcYc=DXiYi+Ai\*ai\*bi)=0+(-4,55)\*(-4,8)\*40+74,58+7,25\*2,69\*14,1+3,17\*6,2\*25,2=1724,34 см4

1. **Определим положение главных центральных осей инерции:**

tg2α0==6,456 2α0=8112, => α0=4036,

**4.****Вычислим значения главных центральных моментов инерции:**

Imax/main=

Imax=+==5380,44 см4

Imin===1890,64 см4

1. **Определим положение главных центральных осей через моменты инерции Imax и Imin:**

tgα1=-1,167

α1=-4924,

tgα2=0,857

α2=4036,

1. **Построим круг инерции и по нему проверим положение главных центральных осей и значения главных центральных моментов инерции:**





**Задача 1.3. Изгиб балок**

**Проверка прочности балок при изгибе и исследование их деформации**



Исходные данные:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| a, м | b, м | c, м | d, м | F, kH | q, kH/м | M, kH\*м |
| 2 | 3 | 4 | 1 | 10 | 40 | 20 |

Требуется:

1) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов

2) подобрать сечение балки двутаврового профиля и проверить прочность принятого сечения по нормальным напряжениям с учетом собственного веса балки

3) вычислить наибольшее касательное напряжение в сечении с максимальным значением поперечной силы

4) в одном из сечений балки, где имеют Q и M большие значения, определить главные напряжения на уровне примыкания полки к стенке и проверить прочность материала по энергетической теории прочности

5) построить эпюры нормальных, касательных, главных и максимальных касательных напряжений в сечении, указанном в п. 4

6) определить аналитическим путем прогибы посередине пролета и на конце консоли и углы поворота сечений на опорах

7) с учетом вычисленных значений прогибов показать на схеме балки очертание ее изогнутой оси

8) проверить жесткость балки при допускаемом значении прогиба v=l/500 и модуле упругости E=2\*105 Мпа

***1) Определяем опорные реакции.***

– Ra\*9+q\*7\*3,5+M-F\*4-q\*0,5=0

Ra==104,4 kH

– Rb\*9-F\*5-M+q\*8\*6=0

Rb==205,6 kH

Строим эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

1. Q1=-Ra=-104,4 kH
2. Q2=-Ra+q (z-2)=-104,4+120=-15,6 kH
3. Q3=-Ra+q (z-2) – F=104,4–10+40\*7=165,6 kH
4. M1=-Ra\*z=-104,4\*2=-108,8 kH/m
5. M2=-Ra\*z+ z=5 -104,4\*5+20\*32=342 kH/m

z=6 -104,4\*4+20\*4=337,6 kH/m

z=7 -104,4\*3+20=293,2 kH/m



***2) Построим сечение балки двутаврового профиля и проверим прочность принятого сечения по нормальным напряжениям с учетом собственного веса.***

Wx=1,6285\*10-3 м3=1628,5 см3

Подбираем двутавр:

№60

Ix=75450 см4

Wx= 2510 см3

Sx=1450 см3

m=104 кг

Находим опорные реакции с учетом собственного веса.

– Ra\*9+q\*7\*3,5-F\*4+M-q\*0,5-q1\*9,45+q1\*0,5=0

Ra==99,8 kH

– Rb\*9-F\*5-M+q\*8\*6-q1\*10\*5=0

Rb==199,8 kH

Строим эпюры Q и M с учетом собственного веса.

Q1=-Ra-q1\*z=-99,8–1,04\*2=-101,88 kH

Q2=-Ra-q1\*z+q\*(z-2)=-99,8–5,2+40,3=15 kH

Q3=-Ra-q1\*z+q\*(z-2) – F=-99,8–9,36+280–10=160,84 kH

M1=-Ra\*z-=-99,8\*2–1,04\*2=-201,68 kH/m

M2= Ra\*z-=-332 kH/m



Проверим на прочность.

Недонапряжение составляет 30%

***3) Вычислим наибольшее касательное напряжение в сечении с максимальным значением поперечной силы***

=28,67 МПа

***4) В сечении балки, где Q и M имеют большее значение, определяем главное напряжение на уровне примыкания балки к стенке и проверяем прочность материала по энергетической теории прочности***

M=208,8 kH/m

Q=104,4 kH



Определяем нормальные напряжения.

=78,1 МПа

Определяем касательные напряжения.

=12,3 МПа

Определяем главные напряжения.

39,05±40,94

Проверяем прочность материала по энергетической теории.

80,9 МПа

80,9 МПа ≤=140 МПа

***5) Строим эпюры нормальных, касательных, главных и максимальных касательных напряжений.***

Определяем нормальные напряжения

=83 МПа

=78,1 МПа

Определяем касательные напряжения.

-0,78 МПа

-12,3 МПа

-18 МПа

Определяем главные напряжения.

-1,89 МПа

18 МПа

-18 МПа

Определяем максимальное касательное напряжение

=41,5 МПа

40,94 МПа

39,05 МПа

Строим эпюры.



***6) Определяем аналитическим путем прогибы посередине пролета и на конце консоли и углы поворота сечений на опорах.***



Уравнение углов поворота сечений.

Уравнение прогибов.

Находим начальные параметры:

При z=9, =0

959 kH

Значение прогиба по середине пролета:

При z=4,5

ср=

Значение прогиба на конце консоли.

=-

Угол поворота на опоре A.

Угол поворота на опоре B.

***7) C учетом вычисленных значений прогибов, покажем на схеме балки очертания её изогнутой оси.***



***8) Проверим жесткость балки при допускаемом значении прогиба = и модуля упругости E=2\*105МПа***

Условие по жесткости выполнено.