МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Факультет машиностроения и аэрокосмической техники

Кафедра «Прикладная математика и механика»

Расчетная проектировочная работа №3

По дисциплине «Техническая механика»

Вариант 807

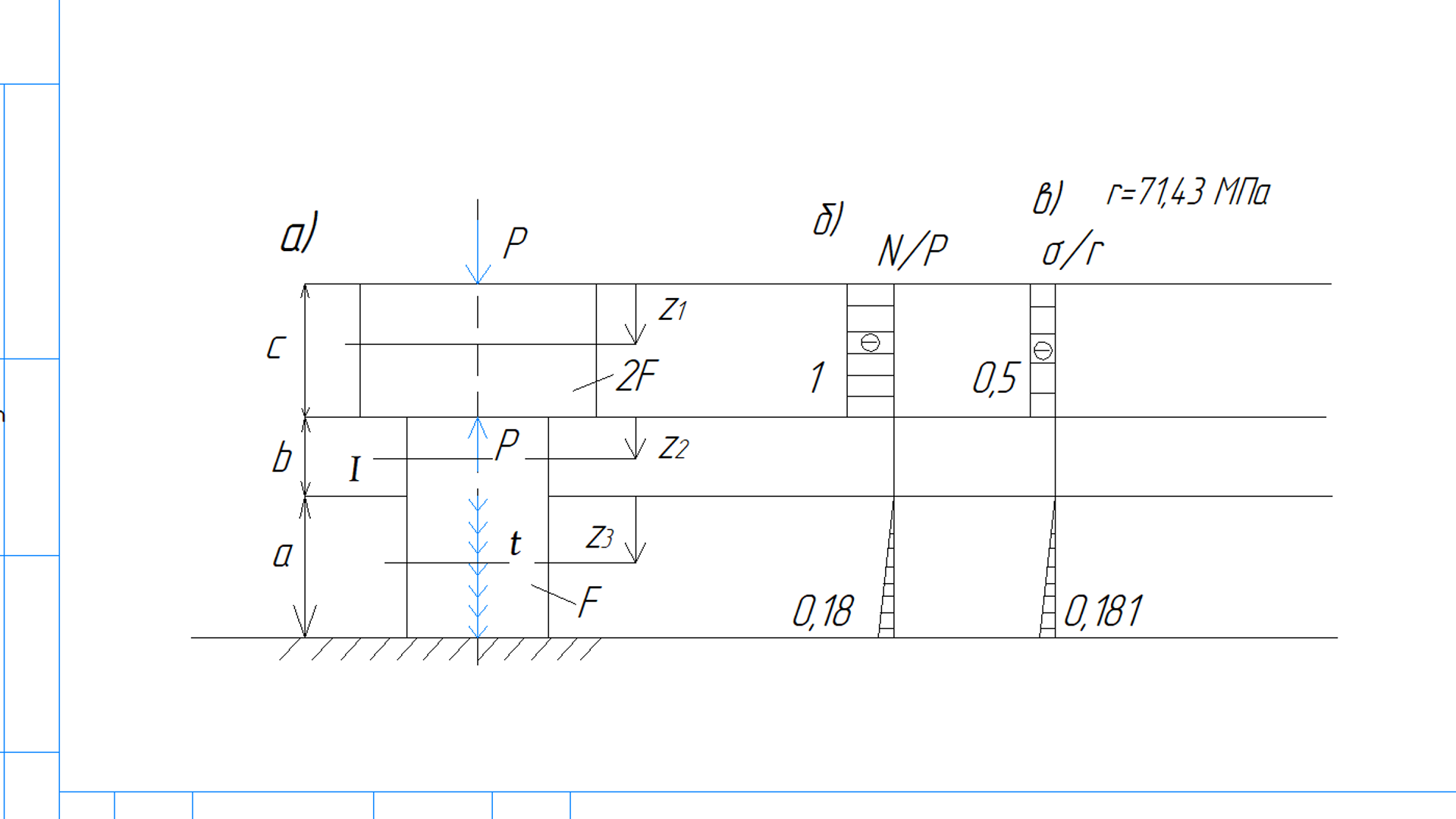
Выполнил: Новожилов И.A (бМС-222) Руководитель: Рябцев В.А.

Воронеж 2024

Задача №1

**Расчет на прочность и жесткость стержня при растяжении-сжатии**

Стальной стержень ( 2\*105 МПа), один конец которого жестко защемлен, другой свободен, находится под действием продольных сил  и распределенной нагрузки = 20 кН/м. (рис. 1). Отдельные участки стержня имеют различную площадь поперечного сечения  или  (рис. 1).



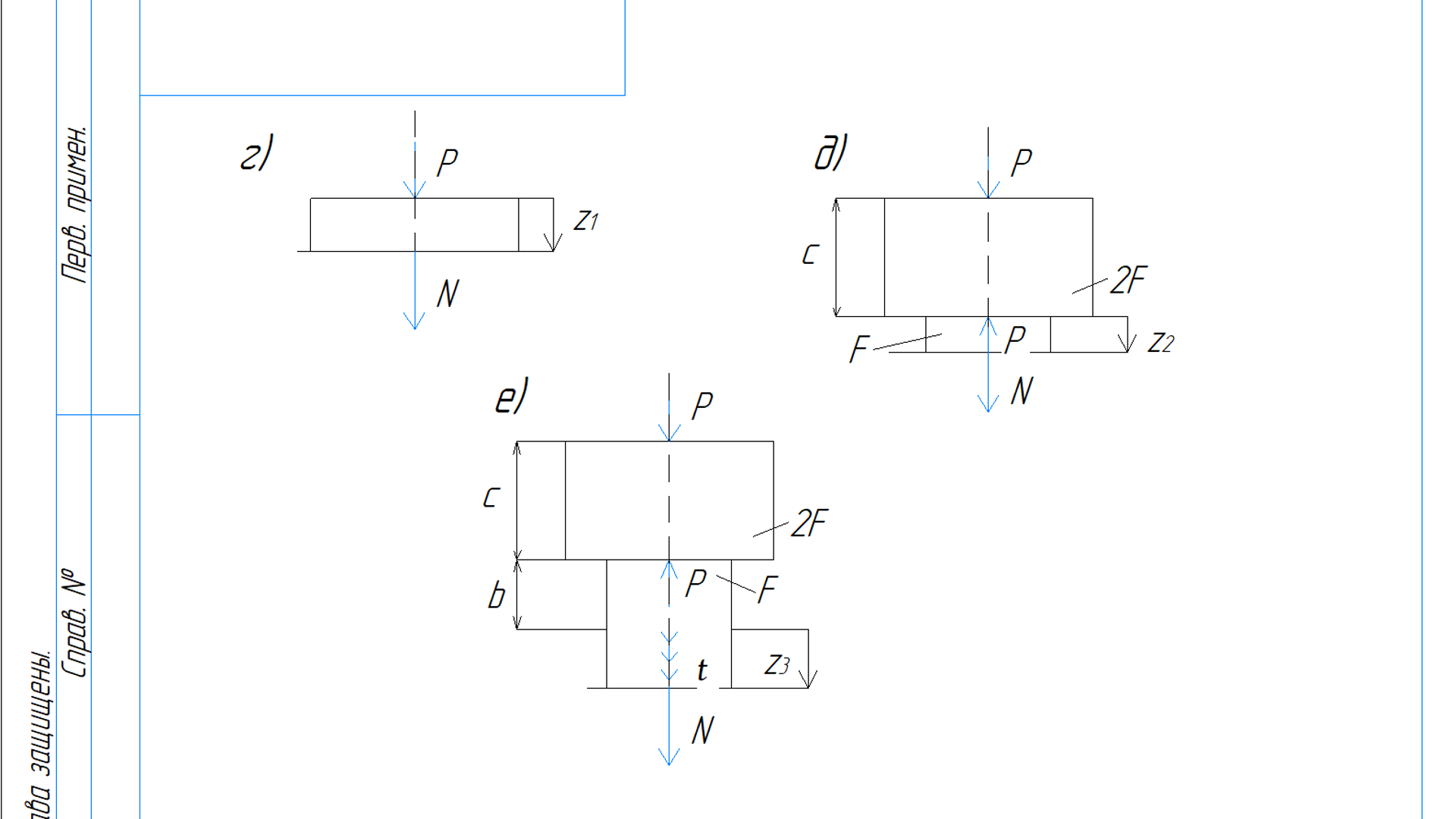


Рис. 1

Требуется:

* Сделать схематический чертеж стержня по заданным размерам, соблюдая масштаб длин по вертикали.
* Вычислить значения продольной силы N и нормального напряжения σ, построить их эпюры.
* Найти перемещение сечения I-I.

Исходные данные

Схема 7; F=2,8 см2; a=0,18 м; b=0,10 м; c=0,17 м; P=20 кН.

Решение

а) Схематический чертеж стержня в масштабе по вертикали приведен на рис 1.

б) Стержень имеет 3 участка, в пределах которых нормальная сила описывается единственным аналитическим выражением.

Для определения нормальной силы в поперечном сечении стержня используем метод сечений. При этом рассматриваем верхние отсеченные части стержня.

1 участок (рис 1, г)

Нормальная сила на участке

*.*

Пусть

Нормальное напряжение на участке

.

2 участок (рис 1, д).

Нормальная сила на участке

.

Нормальное напряжение на участке

.

3 участок (рис. 1, е).

Нормальная сила на участке

*, .*

Нормальное напряжение на участке

*,*

*,*

*.*

По полученным величинам нормальной силы и нормального напряжения строим эпюры нормальной силы и нормального напряжения (рис. 1 б, рис.1 в).

в) Искомое перемещение определяем относительно заделки стержня. Перемещение сечения стержня определяется, т.е.

Значение величины означает, что сечение переместилось вниз.

Зачтена

Задача №3

**Расчеты на прочность и жесткость при кручении вала круглого сечения**

К стальному ступенчатому валу, имеющему сплошное круглое поперечное сечение, приложены четыре момента. Левый конец вала защемлен в опоре, а правый конец свободен.

Требуется:

• Определить крутящие моменты в поперечных сечениях вала и построить их эпюру.

• При заданном значении допускаемого касательного напряжения определить диаметры вала из расчета на прочность, учитывая, что диаметры вала связаны соотношением , где k - заданное число. Полученное значение d2 выразить в миллиметрах и округлить до целых значений из предпочтительного ряда чисел в машиностроении (числа, заканчивающиеся цифрой 0, 2,4,5,6,8). Затем определить d1. В общем случае d1 может оказаться любым рациональным числом.

• Построить эпюру модуля максимальных касательных напряжений в сечениях вала.

• Построить эпюру углов закручивания поперечных сечений вала относительно защемленного сечения, приняв модуль сдвига G = 8\*104 МПа.

Исходные данные

Схема 7; а=1.7 м; b=2,9 м; с=1,6 м; Т1=5,7 кН\*м; Т2=2,8 кН\*м; Т3=2 кН\*м; Т4=0,7 кН\*м; К=2; =55 МПа.

Решение

Рассмотрим стальной ступенчатый вал (рис 1, а), имеющий круглое поперечное сечение и нагруженный четырьмя моментами Т1, Т2, Т3, Т4.

Левый конец вала жестко защемлен в опоре, а правый конец свободен.

а) Определение моментов в опоре.

Опорный момент Т0 определим из уравнения равновесия моментов, приложенных к валу, относительно оси Оz

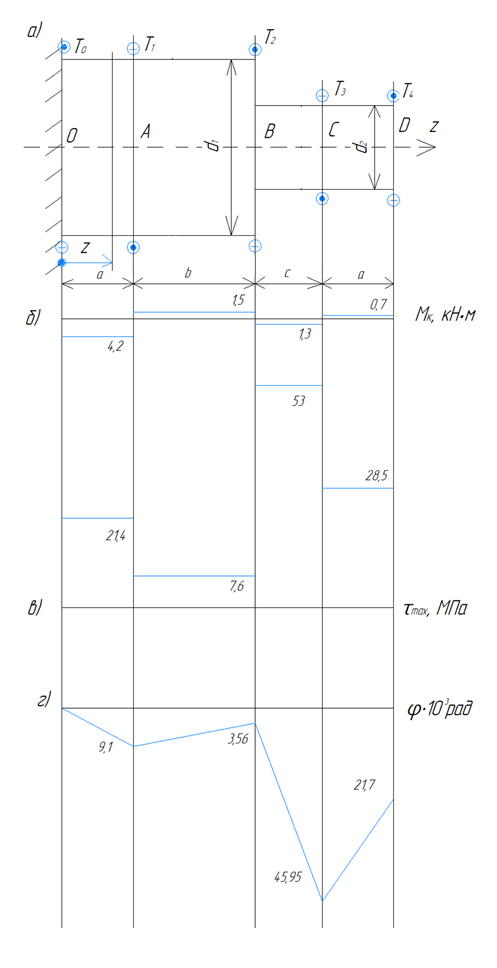
Выразим и найдем T0

б) Построение эпюры крутящих моментов по длине вала.

Вал имеет четыре участка. Крутящий момент Мк в поперечных сечениях вала определяем методом сечений. При этом следует рассматривать все участки вала.

1 участок,

Рассечем мысленно вал на две части поперечным сечением, отстоящим на расстоянии z от левого конца (рис. 2, а),

Рис. 1

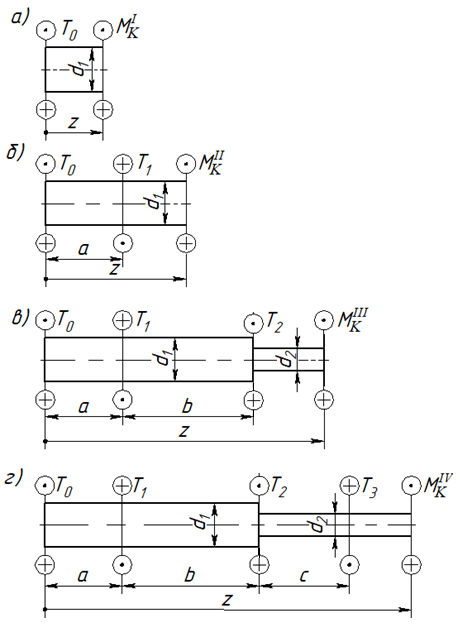


Рис. 2

отбросим правую часть вала, ее действие на левую часть вала заменим крутящим моментов МкI, направленным против хода часовой стрелки при взгляде на сечение со стороны внешней нормали к сечению. Составим уравнение равновесия для оставшейся левой части вала, а именно, приравняем к нулю сумму моментов относительно оси oz:

2 участок, , рис. 2, б

Такие Z не соотв рисунку. Вы не понимаете, что такое координата

А исправлять кто будет

Не смейте удалять мои замечания

Дальше не проверял

3 участок, , рис. 2, в.

4 участок, , рис. 2, г.

Таким образом, на каждом из участков крутящие моменты постоянны. Эпюра крутящих моментов Мк приведена на рис. 1, б.

в) Определение диаметров валов d1, d2 вала из расчета на прочность.

Расчет на прочность проводится по схеме

, отсюда .

На участке бруса 0 < z < (a+b) имеем

Тогда

На участке вала (a+b) < z < (2a+b+c) имеем

Из полученных величин d2 выбирается большее и округляется в соответствии с условием задачи до 50 мм. Тогда

г) Построим эпюру максимальных касательных напряжений τmax по длине вала.

На 1 участке

На 2 участке

На 3 участке

На 4 участке

Эпюра напряжений τmax приведена на рис. 1, в.

д) Построение эпюры углов взаимного поворота сечений (углов закручивания) φ.

Так как на каждом из четырех участков вала величины Mk, G, Jp постоянны, то из формулы следует, что угол φ линейно меняется по длине вала. Угол поворота левого (закрепленного) поперечного сечения вала равен нулю, а углы поворота:

Сечения А относительно сечения О – φАО

Сечения В относительно сечения А – φВА

Сечения С относительно сечения В – φСВ

Сечения D относительно сечения С – φDС

Соответственно равны:

Углы поворота сечений B, C, D относительно закрепленного сечения О соответственно равны

Эпюра углов поворота φ сечений вала приведена на рис. 1, г.

Задача № 4

**Расчет балки на прочность при плоском изгибе**

Для двухопорной балки определить опорные реакции, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов в масштабе, определить максимальный расчетный изгибающий момента  и подобрать номер двутаврового поперечного сечения из расчета на прочность, если допускаемое нормальное напряжение равно . Числовые данные взять из таблицы 4.1. Сосредоточенную силу и момент выразить через величину распределенной нагрузки  и длину  по формулам , .

Цифру *N* определить по правилу, изложенному в условии к задаче 5 ().

Руководствуясь эпюрой изгибающих моментов, приблизительно изобразить изогнутую ось балки*.*

Таблица 4.1 – Исходные данные к задаче 4

Таблица 4.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *а*, м |  |  |  | ,  кН/м | Номер  схемы | Расположение опоры в точке | Определить прогиб и угол поворота в точке |
| 2.0 | 1.3 | 1.8 | 0.3 | 5 | 5 | В | С |

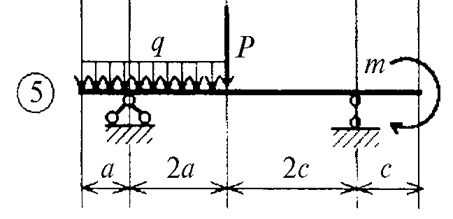
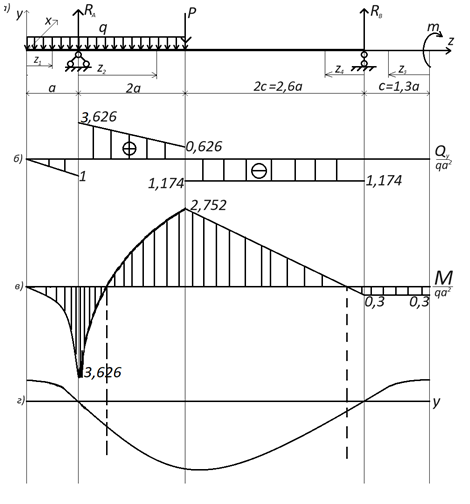


Рисунок 4.1



Решение

1. Определяем реакции

∑MA=0

-q\*3a\*0,5a-p\*2a-M+RB\*4,6a=0  
RB

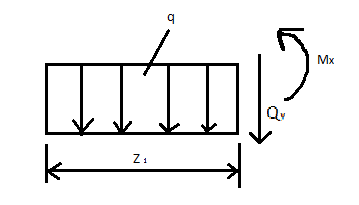
∑MB=0  
-RA\*4,6a+q\*3a(

RA=

Проверка: ∑y=o RA-q\*3a-p+RB=0

2.Строим эпюры Qy и Mx

1 участок 0<z1<a



Qy=-q\* z1

Z1=0 Qy=0

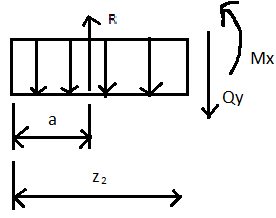
Z1=a Qy=-qa

Mx=-q

Z1=0 Mx =0

Z1=a Mx =-0,5q

2 участок 0<z2<3a

Qy=Ra-q\*z2=3,62qa - q\*z2=

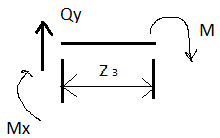
z2=0 Qy=3,626qa  
z2=3a Qy=0,626qa  
Mx=Ra(z2-a)-q=3,626qa(z2-a)-q=

z2=0 Mx=Ra\*-a=

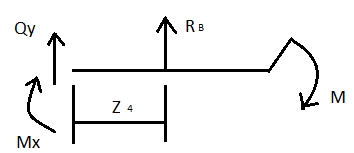
Это не так

z2=3a Mx=2,752q

3 участок 0<z3<1,3a

Qy=0 Mx=-M=-0,3q

4 участок 0<Z4<2,6a



Qy=-RB=-1,174qa  
Mx=-M+RB\*Z4=-0,3q+1,174qa  
z2=0 Mx=-0,3q

Z2=2,6a Mx=2,752 q

=2,752 q=2,752\*5\*=55,04 кН\*м

3.Подбор номера двутавра

Wx>

Принимаем двутавр №24 с Wx=289

**Задача 6**

**Вариант 807 (*K*=8, *L*=0, *M*=7)**

6.1. Задание. Стальной вал постоянного сечения вращается с постоянной угловой скоростью, совершая *n* об/мин, и передает мощность *N* кВт (табл. 6.1). Две проекции схемы нагружения вала показаны в табл. 6.1.

Требуется для вала, при заданном коэффициенте прочности :

определить нагрузки, действующие на вал;

построить эпюры изгибающих моментов в двух плоскостях (вертикальной и горизонтальной), результирующего изгибающего момента , крутящих моментов и расчетного (эквивалентного) момента ;

определить допускаемое напряжение по формуле

,

где  – предел текучести материала вала. Пределы текучести сталей приведены в табл. 6.3;

из условия прочности определить диаметр вала и его значение в мм округлить до числа из ряда предпочтительных размеров в машиностроении (числа, заканчивающегося цифрой 0, 2,4,5,6,8).

При определении  и  в тех сечениях, в который один из моментов ,  или  имеет разрыв значений, моменты  и  нужно определять слева и справа от этого сечения.

Исходные данные взять из табл. 6.1 – 6.3.

**Исходные данные:**

Таблица 6.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер строки | Номер схемы | Размеры, м | | | | | ,  кВт | ,  об/мин | Марка стали |
|  |  |  | , | , |
| 7 | 7 |  |  | 0,3 | 0,2 | 0,5 |  | 500 |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  | 20 |  |  |
| 0 |  | 0,8 | 0,4 |  |  |  |  |  | 30 |
| → | *M* | *L* | *L* | *M* | *M* | *M* | *K* | *M* | *L* |

Таблица 6.2

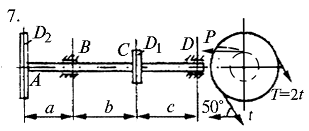


Рис.6

**Решение**

а) Определение нагрузок, действующих на вал.

Условие равномерного вращения вала сводится к равенству моментов сил, приложенных к валу относительно оси вращения



Н∙м.

Силы натяжения ветвей ремня ременной передачи

НкН;

кН.

Сила натяжения каната

НкН.

Суммарная сила натяжения ветвей ремня ременной передачи

кН.

Проекции суммарной силы натяжения ветвей ремня ременной передачи на оси координат *х* и *у*

кН;

кН.

б) Построение эпюры изгибающих моментов в двух плоскостях (вертикальной и горизонтальной) и эпюры крутящих моментов.

Схема нагружения вала в вертикальной плоскости приведена на рис. 1, б.

Уравнение равновесия моментов сил, приложенных к валу и действующих в вертикальной плоскости, имеют вид

; ;

;

,

откуда

кН;

кН.

Проверка

.

В вертикальной плоскости вал имеет два участка.

1 участок .

Для левой отсеченной части вала имеем

;

;

кН∙м.

2 участок .

Для правой отсеченной части вала имеем

;

;

кН∙м;

кН∙м.

По полученным данным строим эпюру изгибающих моментов  (рис. 1, в).

Схема нагружения вала в горизонтальной плоскости приведена на рис. 1, г.

Уравнение равновесия моментов сил, приложенных к валу и действующих в вертикальной плоскости, имеют вид

; ;

;

,

откуда

кН;

кН.

Проверка

.

В горизонтальной плоскости вал имеет три участка.

1 участок .

Для левой отсеченной части вала имеем

;

;

кН∙м.

2 участок .

;

;

кН∙м.

3 участок .

Для левой отсеченной части вала имеем

;

кН∙м;

кН∙м.

Для правой отсеченной части вала имеем

;

кН∙м;

кН∙м.

По полученным данным строим эпюру изгибающих моментов  (рис. 1, д).

Значения суммарных изгибающих моментов вычисляем по формуле

.

Имеем

;

кН∙м;

кН∙м;

.

По полученным данным строим эпюру суммарных изгибающих моментов  (рис. 1, е).

Крутящий момент  кН∙м действует в сечениях вала на первом и втором участках, расположенных между шкивом ременной передачи и барабаном канатной передачи. Эпюра крутящих моментов приведена на рис. 1, з.

Расчетный эквивалентный момент определяем по формуле

.

Имеем

кН∙м;

кН∙м;

кН∙м (левее точки *С*);

кН∙м (правее точки *С*);

.

Эпюра эквивалентных расчетных моментов приведена на рис. 1, и.

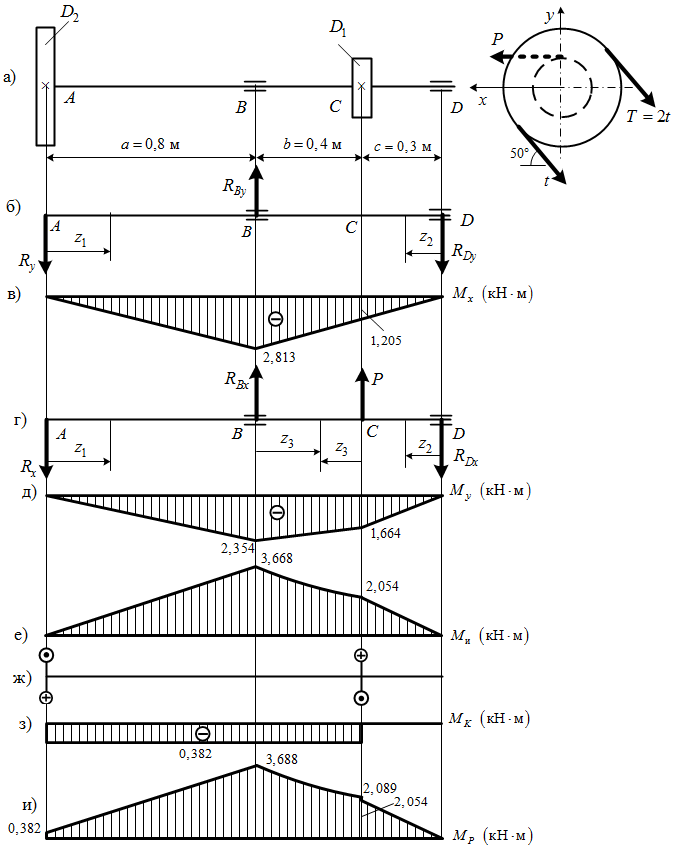


Рис.1. Расчетные схемы и эпюры к задаче 6

в) Подбор диаметра вала по третьей теории прочности (теории максимальных касательных напряжений).

Из анализа эпюр моментов, действующих в сечениях вала, следует, максимального значения эквивалентный момент достигает в сечении *B*.

Условие прочности вала

,

где  – момент сопротивления сечения вала при совместном изгибе и кручении;

МПа – допускаемое напряжение;

МПа – предел текучести для стали 30.

Тогда

мм.

Принимаем стандартное значение диаметра мм.