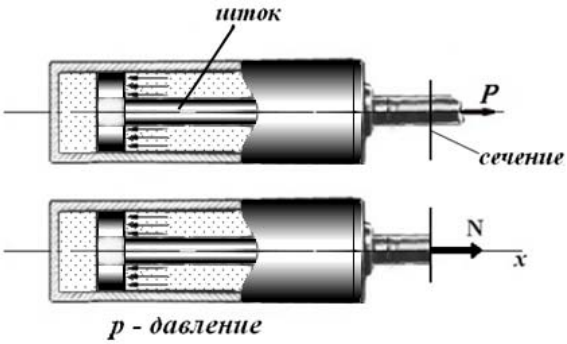
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра механики машин и основ конструирования

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ И КРУЧЕНИИ

задания и методические указания
к рубежному контролю №3
для студентов очной формы обучения
направления 20.03.01



Курган 2019

Кафедра: «Механика машин и основы конструирования».

Дисциплина: «Механика» (направление 20.03.01).

Составил: канд. техн. наук, доц. В. К. Коротовских.

Утверждены на заседании кафедры «17» октября 2018 г.

Рекомендованы методическим советом университета «20» декабря 2017 г.

Растяжение, сжатие

Для обеспечения надежной безотказной работы любая конструкция должна быть прочной, а во многих случаях и жесткой. Прочность и жесткость зависят от величины прикладываемых нагрузок. Под их воздействием в проектируемых элементах конструкций возникают внутренние силы и, соответственно, напряжения и деформации. Внутренние силы определяются с помощью основного метода сопротивления материалов – *метода сечений*:

1 ***Р****ассекают* (мысленно) сечением стержень в изучаемом месте.

2 ***О****тбрасывают* одну из частей стержня, другую оставляют для дальнейшего расчета.

3 ***З****аменяют* действие отброшенной части стержня на оставшуюся системой внутренних сил, которая приводится к центру тяжести поперечного сечения с появлением главного вектора и главного момента. Принимается прямоугольная система координатных осей $\boldsymbol{x}$, $\boldsymbol{y}$, $\boldsymbol{z}$ в центре тяжести (пусть ось $\boldsymbol{x}$ – нормальна (перпендикулярна) к данному сечению, оси $\boldsymbol{y}$, $\boldsymbol{z}$ – лежат в плоскости сечения). Проекции главного вектора системы на координатные оси – $\boldsymbol{N}$, $\boldsymbol{Q_y}$, $\boldsymbol{Q_z}$ и главного момента – $\boldsymbol{M_x}$, $\boldsymbol{M_y}$, $\boldsymbol{M_z}$ называются *внутренними силовыми факторами* в сечении:

- сила $\boldsymbol{N}$ – нормальная к сечению и совпадающая с продольной осью – это *продольная* (*нормальная*) сила;

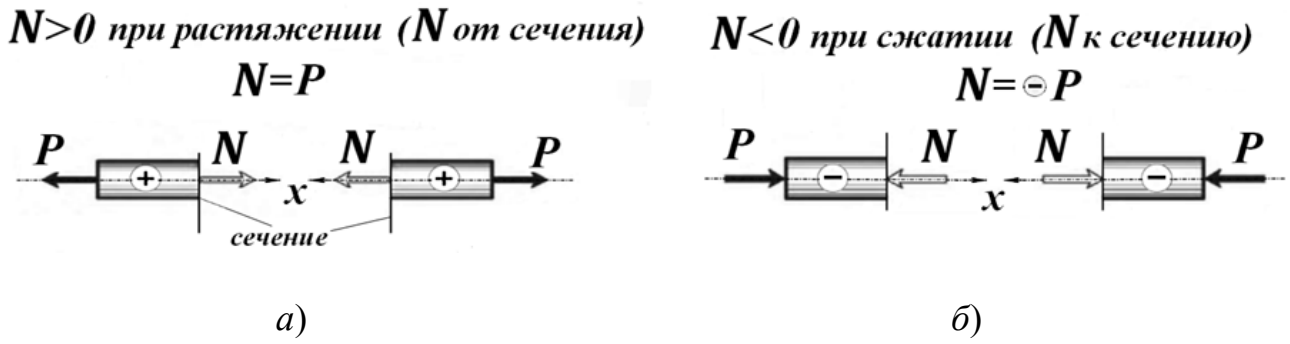
- силы $\boldsymbol{Q_y}$ и $\boldsymbol{Q_z}$, перпендикулярные к продольной оси, в направлении осей $\boldsymbol{y}$ и $\boldsymbol{z}$ называются *поперечными*;

- момент $\boldsymbol{M_x}$ или $\boldsymbol{M_к}$, относительно продольной оси, называется *крутящим моментом*;

- $\boldsymbol{M_y}$, $\boldsymbol{M_z}$ – моменты относительно осей $\boldsymbol{y}$ и $\boldsymbol{z}$ – это *изгибающие моменты*.

4 ***У****равновешивают* оставшуюся часть, используя уравнения статики, находят величину и направление внутренних силовых факторов.

Классификация видов нагружения осуществляется по возникающим в сечениях внутренним силовым факторам. *Растяжением-сжатием*, а точнее, центральным растяжением-сжатием, называется такой вид нагружения стержня, при котором в его поперечных сечениях возникает только один (из шести) внутренний силовой фактор – продольная сила $\boldsymbol{N}$. На растяжение, сжатие работают стержни ферм, колонны, штоки паровых машин и поршневых насосов, канаты подъемников и другие элементы конструкций. Продольная сила считается *положительной* при *растяжении*, т. е. когда она направлена от сечения (рисунок 1*а*), и *отрицательной* при *сжатии* – к сечению (рисунок 1*б*). Численная величина продольной силы в рассматриваемом сечении равна алгебраической сумме проекций всех внешних сил на продольную ось, действующих на оставленную для расчета часть стержня.



а) положительный; *б*) отрицательный
Рисунок 1 – Знак продольной силы ***N***

При растяжении-сжатии в поперечных сечениях стержня возникают только нормальные (перпендикулярные к сечению) напряжения $\boldsymbol{\sigma}$. Установлено, с помощью гипотезы плоских поперечных сечений (гипотезы Я. Бернулли), что в каждой точке сечения они имеют одинаковую величину и направление, т. е. все точки *одинаково опасны* (рисунок 2) и поэтому определяются по формуле:

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{\boldsymbol{N}}{\boldsymbol{F}}, \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{F}$ – площадь поперечного сечения стержня. Растягивающее напряжение считается положительным, сжимающее – отрицательным.

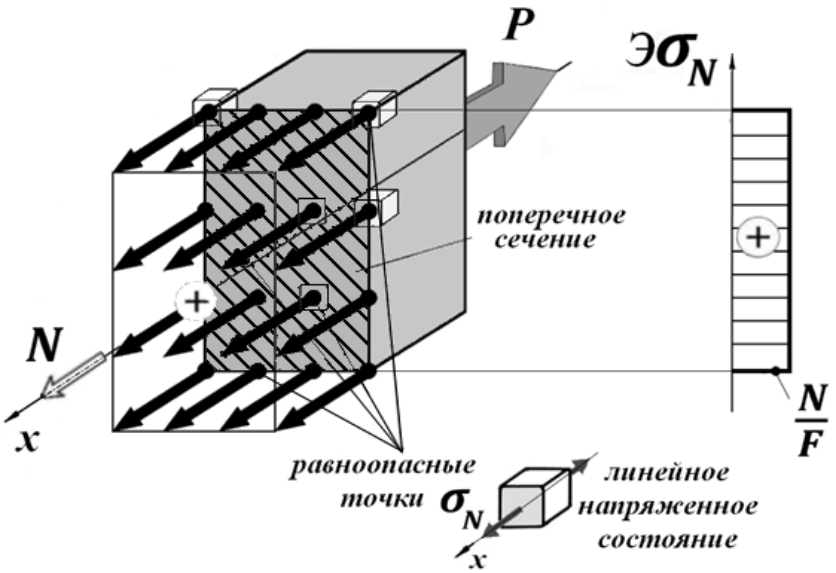


Рисунок 2 – Распределение нормального напряжения по сечению при растяжении, сжатии (равноопасные точки)

Под действием нагрузки элементы конструкций деформируются, т. е. меняют свои размеры и (или) форму. Деформации, которые исчезают после снятия нагрузки, называют *упругими*. Они гарантируют сохранение первоначальных размеров и формы после снятия нагрузки. Деформации, которые не исче-

зают после устранения нагрузки, называются *остаточными*, или *пластическими*. Их появление изменяет первоначальные размеры и (или) форму, что может привести к нарушению нормальной работы конструкций.

Под *прочностью* понимается способность конструкций (элементов конструкций) сопротивляться нагрузкам без разрушения и без появления остаточных деформаций. Критерием прочности являются *напряжения*. Напряжение – это *интенсивность распределения внутренних силовых факторов по сечению*, то есть величина внутренних сил, приходящихся на единицу площади сечения. В расчетах на прочность используются *нормальные* $\boldsymbol{\sigma}$ и *касательные* $\boldsymbol{\tau}$ напряжения (размерность – паскали Па = Н/м^2; или мегапаскали МПа = 10^6 Па). Нормальные напряжения направлены перпендикулярно (по нормали) к сечению и характеризуют интенсивность удаления (при *растяжении*) или сближения при *сжатии* двух частей стержня по отношению к сечению. Касательные напряжения действуют в плоскости сечения и соответственно характеризуют интенсивность скольжения (*сдвига*) по сечению двух частей тела. Направление напряжений *совпадает* с направлением внутренних силовых факторов.

Конструкция считается прочной, если возникшие в ней напряжения не превысят допускаемого (*условие прочности*) при растяжении-сжатии и изгибе:

$$\max \boldsymbol{\sigma} \leq [\boldsymbol{\sigma}],$$

при сдвиге и кручении:

$$\max \boldsymbol{\tau} \leq [\boldsymbol{\tau}],$$

где $[\boldsymbol{\sigma}]$ и $[\boldsymbol{\tau}]$ – допускаемые нормальное и касательное напряжения соответственно.

Напряжения, возникающие в конструкции под действием нагрузок, называют *рабочими*, или *расчетными*. В расчетах на прочность используются *максимальные* рабочие напряжения – в *опасных точках опасного сечения*. Рабочие напряжения прямо пропорциональны величине прикладываемой нагрузки и обратно пропорциональны размерам и форме (геометрии) поперечного сечения. Учет нагрузки осуществляется с помощью внутренних силовых факторов и нахождения *опасного сечения*, то есть сечения, в котором они достигают наибольшего значения. Для этого с помощью метода сечений строится э*пюра* – график, показывающий изменение внутреннего силового фактора по длине стержня (при растяжении, сжатии – это эпюра продольной силы Э$\boldsymbol{N}$). Размеры и форма поперечного сечения учитываются с помощью его *геометрических характеристик*. В сопротивлении материалов используются *пять* геометрических характеристик плоских сечений: площадь, статические и осевые моменты инерции, центробежный и полярный момент инерции. При растяжении-сжатии геометрической характеристикой поперечного сечения является его площадь $\boldsymbol{F}$. Одновременный учет нагрузки и геометрической характеристики поперечного сечения (например, формула (1)) позволяет найти максимальные напряжения – в опасном сечении и в его опасных точках.

Допускаемое напряжение $[\sigma]$ – такая величина напряжения, которая гарантирует надежную, безопасную работу конструкции в течение предусмотренного срока эксплуатации:

$$[\sigma] = \sigma_{пред}/n, \qquad (2)$$

где $\sigma_{пред}$ – предельное или опасное напряжение; n – коэффициент запаса, учитывающий материал элемента, вид нагружения, условия эксплуатации, срок службы, степень ответственности и ряд других факторов.

Предельными называются напряжения, при которых конструкция не может использоваться по своему назначению либо вследствие разрушения, либо вследствие появления недопустимых остаточных деформаций. Они зависят от материала и вида нагружения. При определении величины предельных напряжений материалов используются их механические характеристики прочности и пластичности, получаемые опытным путем. По способности к остаточным (пластическим) деформациям различают пластичные и хрупкие материалы. Пластичные материалы получают большие остаточные деформации до разрушения. Хрупкие – разрушаются при незначительных деформациях. Для *пластичных* материалов предельным напряжением считается *предел текучести* физический $\sigma_т$ или условный $\sigma_{0.2}$, то есть напряжение, при котором интенсивно накапливаются остаточные деформации. Его превышение приведет к недопустимому для нормальной работы изменению первоначальных размеров или формы элементов конструкций. Для *хрупких* материалов предельным напряжением является *временное сопротивление* $\sigma_в$ (*предел прочности*) – наибольшее напряжение, которое способен выдержать материал без разрушения. Таким образом, напряжение $\sigma_в$ ограничивает конструкции от разрушения. Пластичные материалы одинаково работают на растяжение и на сжатие (имеют одинаковые пределы текучести). Поэтому для них допускаемые напряжения на растяжение $[\sigma_p]$ принимаются равными по величине сжимающим напряжениям $[\sigma_c]$:

$$[\sigma_p] = [\sigma_c] = [\sigma] = \frac{\sigma_т}{n_т}, \qquad (3)$$

где $n_т$ – коэффициент запаса по текучести.

Таким образом, с учетом формул (1) и (3) *условие прочности* при растяжении-сжатии ступенчатого стержня из пластичных материалов будет иметь вид:

$$max\ \sigma = max\left|\frac{N}{F}\right| \le [\sigma]. \qquad (4)$$

Хрупкие материалы по-разному сопротивляются растяжению и сжатию, имеют разные величины соответствующих допускаемых напряжений $[\sigma_p]$ и $[\sigma_c]$ и, соответственно, рассчитываются и на растяжение и на сжатие.

О *жесткости* судят по величине деформаций (изменению размеров или формы) и, как следствие, перемещений поперечных сечений. Перемещения $\boldsymbol{\delta}$ поперечных сечений в пределах упругих деформаций при растяжении-сжатии могут быть рассчитаны с помощью закона Гука:

$$\boldsymbol{\delta} = \Delta \boldsymbol{l} = \frac{\boldsymbol{Nl}}{\boldsymbol{EF}}, \qquad (5)$$

где $\Delta \boldsymbol{l}$ – абсолютная продольная деформация; $\boldsymbol{l}$ – длина участка стержня; $\boldsymbol{E}$ – модуль продольной упругости материала (модуль Юнга), характеризующий сопротивляемость упругим деформациям (*жесткость материала*) при растяжении-сжатии. Жесткость стержня зависит не только от материала, но и от его сечения (площади $\boldsymbol{F}$). Поэтому величина $\boldsymbol{EF}$ называется *жесткостью сечения*.

Алгебраически суммируя значения абсолютных деформаций участков стержня с постоянными продольной силой и жесткостью сечений, появляется возможность построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений стержня Э$\boldsymbol{\delta}$.

Расчет на *жесткость* имеет целью ограничить перемещения и деформации определенными пределами, которые накладываются на рассчитываемую конструкцию (у*словие жесткости*):

$$\boldsymbol{max\,\delta} \le [\boldsymbol{\delta}], \qquad (6)$$

где $\boldsymbol{max\,\delta}$ – определяемое максимальное перемещение поперечных сечений; $[\boldsymbol{\delta}]$ – допускаемое перемещение.

Исходя из цели, могут быть выполнены *три* вида расчетов на прочность и жесткость:

1) *проектировочный*, или *проектный*. При этом расчете определяются необходимые размеры поперечных сечений – их диаметр, высота, ширина, площадь и т. д.;

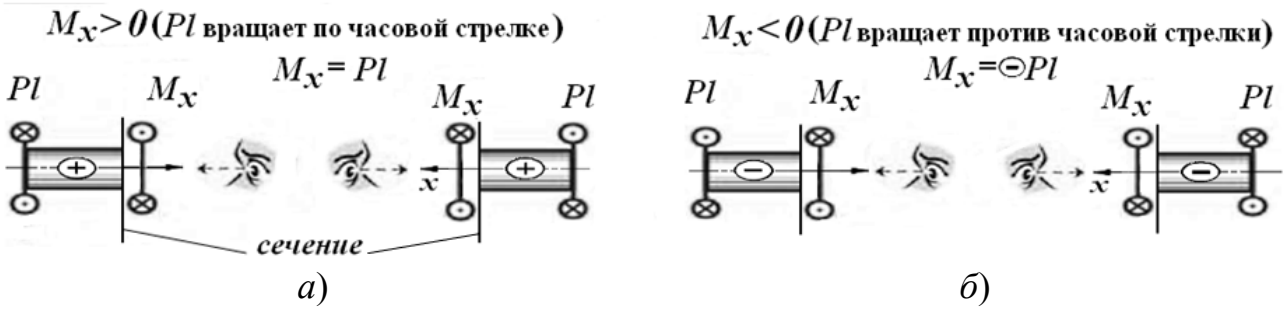
2) *определение допускаемой нагрузки* при нахождении максимально возможной величины нагрузки;

3) *проверочный.* Здесь, например, при экспертизе выполненных проектов, осуществляется проверка выполнения условия прочности или вычисляется фактический коэффициент запаса прочности.

Кручение

На кручение работают валы, шпиндели токарных и сверлильных станков, роторы двигателей и другие детали. *Кручение* – такой вид нагружения стержня, при котором в его поперечных сечениях возникает только один внутренний силовой фактор – крутящий момент $\boldsymbol{M_x}$. Численная величина крутящего момента в произвольном сечении равна алгебраической сумме моментов скручивающих пар, действующих по одну сторону от проведенного сечения.

При построении эпюры крутящего момента принято следующее правило знака: крутящий момент считается положительным, если внешний скручивающий момент вращает оставшуюся часть вокруг продольной оси, при взгляде на оставшуюся часть со стороны сечения, по часовой стрелке (рисунок 3*а*). И отрицательным – против хода часовой стрелки (рисунок 3*б*).



а) положительный; *б*) отрицательный

Рисунок 3 – Знак крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$:

Касательные напряжения $\boldsymbol{\tau}$ в любой точке поперечного сечения стержня могут быть рассчитаны по формуле:

$$\boldsymbol{\tau} = \frac{\boldsymbol{M_x \rho}}{\boldsymbol{J_p}}, \tag{7}$$

где $\boldsymbol{\rho}$ – расстояние от точки, в которой вычисляется напряжение, до центра тяжести сечения; $\boldsymbol{J_p}$ – полярный момент инерции поперечного сечения (геометрическая характеристика сечения при кручении, м^4).

Касательные напряжения равны нулю в центре тяжести сечения и максимальны в точках контура. Они перпендикулярны к радиусу, изменяются в его пределах по линейному закону и направлены в ту же сторону, что и крутящий момент (рисунок 4).

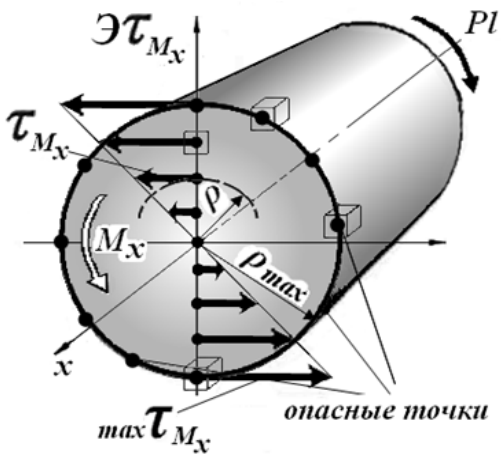


Рисунок 4 – Распределение касательного напряжения по сечению при кручении (опасные точки на поверхности сечения)

Максимальные напряжения τ_{max} в точках контура сечения или опасных точках (при $\rho = \rho_{max}$) равны:

$$\tau_{max} = \frac{M_x}{W_p}, \tag{8}$$

где $W_p = \dfrac{J_p}{\rho_{max}}$ – полярный момент сопротивления сечения, используемый для *опасных точек* и являющийся характеристикой геометрии сечения стержня при прочностных расчетах на кручение, м^3.

Для стержня *круглого сплошного* поперечного сечения полярный момент инерции J_p и сопротивления W_p определяются по формулам:

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32}; \qquad W_p = \frac{\pi d^3}{16}. \tag{9}$$

Соответственно для *кольцевого* (трубчатого) поперечного сечения с соотношением внутреннего и внешнего диаметров α:

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32}(1 - \alpha^4); \qquad W_p = \frac{\pi d^3}{16}(1 - \alpha^4). \tag{10}$$

Условие прочности ступенчатого стержня круглого (кольцевого) поперечного сечения при кручении имеет вид:

$$max\,\tau = max\left|\frac{M_x}{W_p}\right| \le [\tau]. \tag{11}$$

Углы поворота φ (в радианах или градусах) поперечных сечений стержня вокруг продольной оси при кручении могут быть выражены через абсолютные

и относительные деформации. Величина *абсолютного* угла закручивания $\Delta\varphi$ стержня, состоящего из нескольких участков, в пределах которых M_x, GJ_p постоянны, находится с помощью закона Гука при кручении:

$$\varphi = \Delta\varphi = \frac{M_x l}{GJ_P}, \tag{12}$$

где l - длины участков; G – модуль сдвига, характеризующий жесткость материала стержня при сдвиге и кручении; J_p – полярный момент инерции поперечного сечения; GJ_p – жесткость сечения стержня.

Относительный (погонный) угол закручивания θ – это абсолютный угол, приходящийся на единицу длины:

$$\theta = \frac{d\varphi}{dx} = \frac{M_x}{GJ_P}. \tag{13}$$

Во многих случаях, для исключения нежелательных крутильных колебаний, валы должны быть рассчитаны не только на прочность, но и на жесткость. *Условие жесткости* при кручении обеспечивается в основном ограничением на относительные углы закручивания:

$$max\,\theta = max\left|\frac{M_x}{GJ_p}\right| \leq [\theta], \tag{14}$$

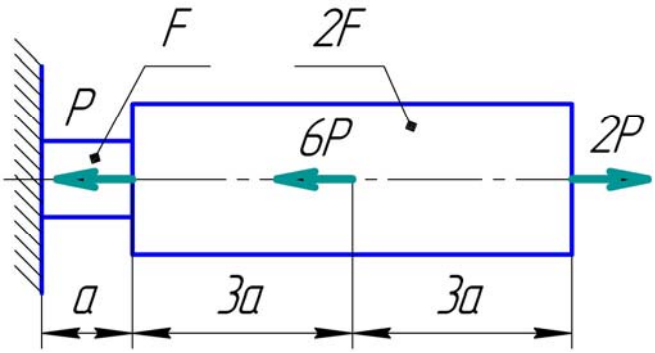
где $[\theta]$ – допускаемый относительный угол закручивания, зависящий от назначения вала. В машиностроении наиболее распространены численные значения $[\theta] = (4{,}38\ldots17{,}5)10^{-3}$ рад/м, т. е. (4,38…17,5) мрад/м или (0,25…1) град/м.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Вариант №1

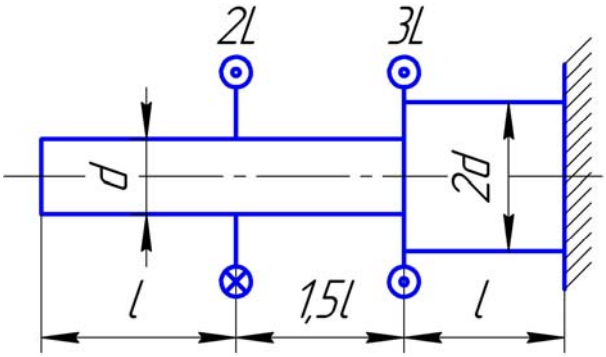
Задача №1. Из условия прочности определить величину допускаемой силы [$\boldsymbol{P}$] ступенчатого стержня при центральном растяжении-сжатии. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине силы [$\boldsymbol{P}$] построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости стержня.

Задано: площадь поперечного сечения $\boldsymbol{F}$ = 9 см^2; длина участка $\boldsymbol{a}$ = 0,7 м. Материал стержня – латунь; модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 100 ГПа. Допускаемое нормальное напряжение [$\boldsymbol{\sigma}$] = 60 МПа; допускаемое перемещение [$\boldsymbol{\delta}$] = 400 мкм.



Задача №2. Выполнить проверочный расчет на прочность и жесткость ступенчатого стержня круглого сечения, испытывающего кручение. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

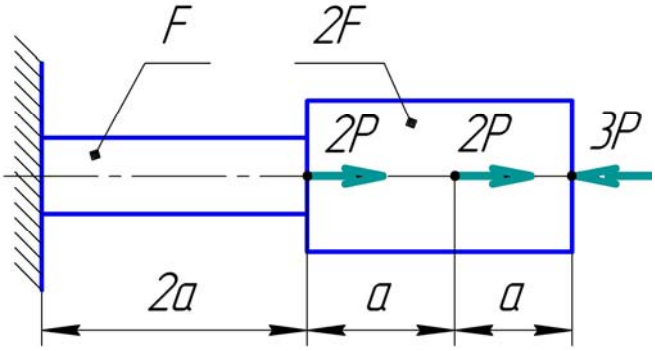
Исходные данные: сосредоточенный скручивающий момент $\boldsymbol{L}$ = 80 кН·м; диаметр стержня $\boldsymbol{d}$ = 9 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение [$\boldsymbol{\tau}$] = 100 МПа; допускаемый относительный угол закручивания [$\boldsymbol{\theta}$] = 0,7 град/м.



Вариант №2

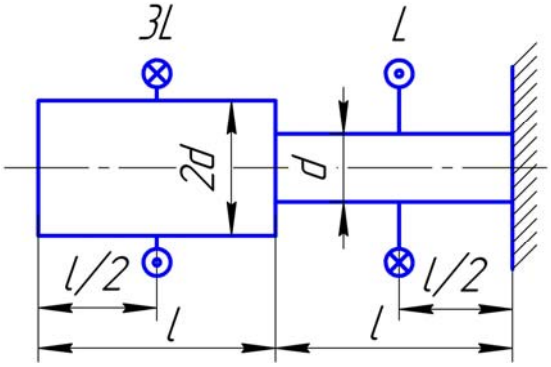
Задача №1. Выполнить проектировочный расчет на прочность (определить площадь поперечного сечения $\boldsymbol{F}$) ступенчатого стержня. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$ и нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине площади сечения построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости стержня.

Исходные данные: сила $\boldsymbol{P}$ = 15 кН; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,5 м; материал стержня – медь (модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 100 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 80 МПа; допускаемое перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 400 мкм.



Задача №2. Исходя из условия прочности и жесткости, определить грузоподъемность (величину допускаемого момента $[\boldsymbol{L}]$) для стержня круглого сечения. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

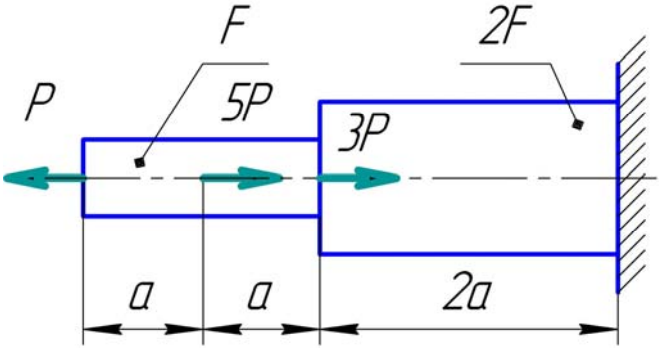
Задано: диаметр стержня $\boldsymbol{d}$ = 10 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал вала – сталь (модуль сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа). Допускаемая величина касательного напряжения $[\boldsymbol{\tau}]$ = 100 МПа; допускаемое значение относительного угла закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,4 град/м.



Вариант №3

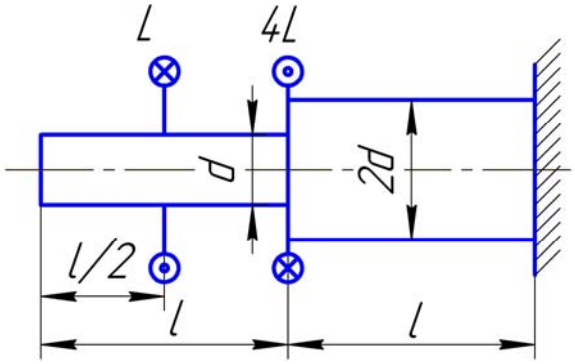
Задача №1. Из условия прочности определить величину допускаемой нагрузки [$\boldsymbol{P}$] (грузоподъемность) ступенчатого стержня. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине силы [$\boldsymbol{P}$] построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости.

Исходные данные: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 15 см^2 ; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,3 м; материал стержня – титан (модуль упругости $\boldsymbol{E}$ = 120 ГПа); допускаемое нормальное напряжение [$\boldsymbol{\sigma}$] = 300 МПа; допускаемое перемещение [$\boldsymbol{\delta}$] = 350 мкм.



Задача №2. Проверить прочность и жесткость ступенчатого стержня (выполнить проверочный расчет) круглого сечения при кручении. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

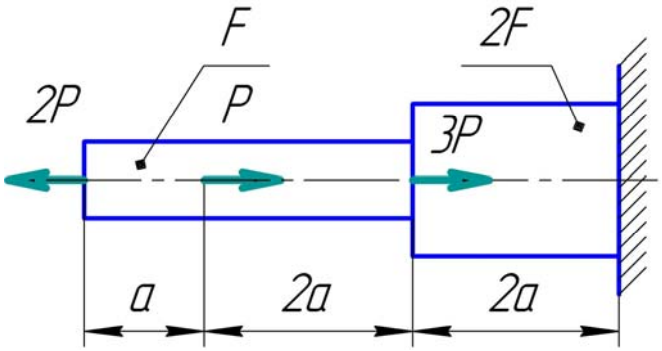
Исходные численные величины: скручивающий момент $\boldsymbol{L}$ = 50 кН·м, диаметр участка $\boldsymbol{d}$ = 15 см, длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение [$\boldsymbol{\tau}$] = 60 МПа; допускаемый относительный угол закручивания [$\boldsymbol{\theta}$] = 0,5 град/м.



Вариант №4

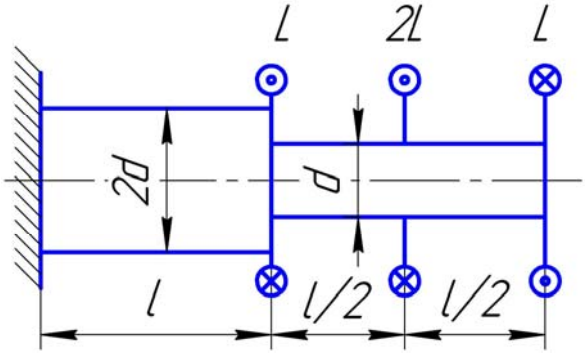
Задача №1. Проверить прочность и жесткость (выполнить проверочный расчет) ступенчатого стержня при центральном растяжении-сжатии. Построить эпюры продольных сил N, нормальных напряжений σ и осевых перемещений поперечных сечений δ.

Задано: сила P = 10 кН; площадь поперечного сечения стержня F = 8 см^2; длина a = 0,6 м; материал – алюминий (модуль упругости E = 70 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\sigma]$ = 80 МПа; допускаемое перемещение поперечных сечений $[\delta]$ = 450 мкм.



Задача №2. Для стержня круглого поперечного сечения выполнить проектировочный расчет на прочность и жесткость (подобрать необходимый диаметр d). Построить эпюры крутящего момента M_x, касательных напряжений τ и абсолютных углов закручивания φ поперечных сечений.

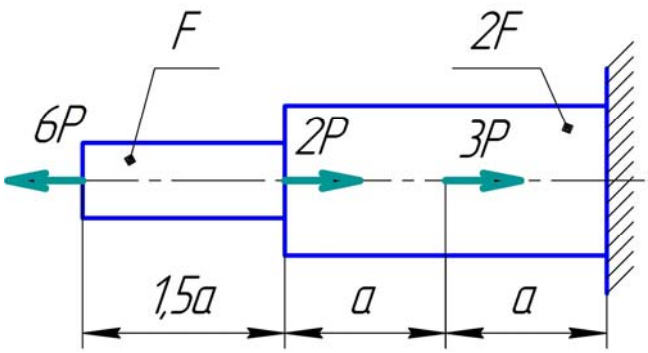
Исходные данные: величина скручивающего момента L = 70 кН·м; длина l = 0,5 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига G = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение $[\tau]$ = 100 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\theta]$ = 0,5 град/м.



Вариант №5

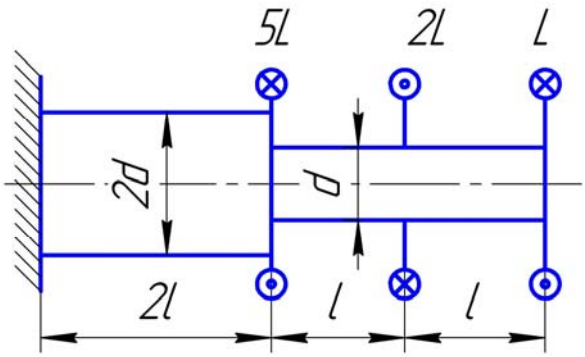
Задача №1. Из условия прочности определить необходимую площадь поперечного сечения $\boldsymbol{F}$ ступенчатого стержня (выполнить проектировочный расчет). Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине площади сечения построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить выполнение условия жесткости.

Исходные данные: сила $\boldsymbol{P}$ = 15 кН; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,5 м; материал стержня – бронза (модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 110 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 80 МПа; допускаемое перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 500 мкм.



Задача №2. Из условия прочности и жесткости определить грузоподъемность (величину допускаемого скручивающего момента $[\boldsymbol{L}]$) для ступенчатого стержня круглого сечения. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

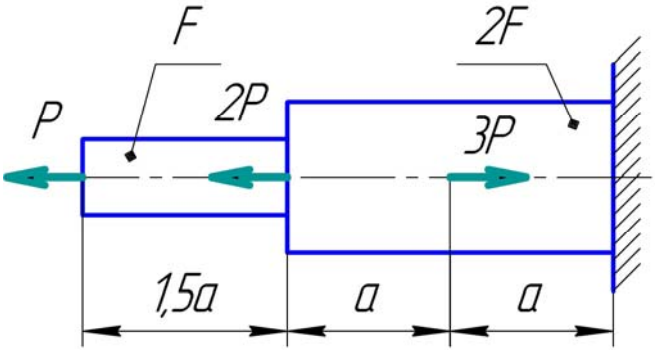
Задано: диаметр стержня $\boldsymbol{d}$ = 10 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 100 МПа; допускаемый относительный угол поворота поперечных сечений $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,4 град/м.



Вариант №6

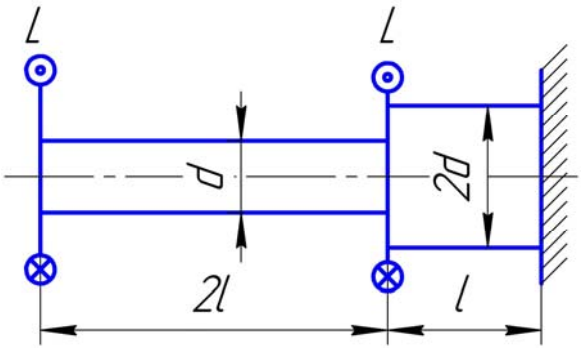
Задача №1. Из условия прочности определить величину допускаемой нагрузки [$\boldsymbol{P}$] (грузоподъемность) ступенчатого стержня. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине грузоподъемности построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости.

Исходные данные: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 15 см^2; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,3 м; материал стержня – дюралюминий с модулем продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 71 ГПа; допускаемое нормальное напряжение [$\boldsymbol{\sigma}$] = 100 МПа; допускаемое перемещение [$\boldsymbol{\delta}$] = 300 мкм.



Задача №2. Проверить прочность и жесткость стержня круглого сечения (выполнить проверочный расчет на прочность и жесткость). Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

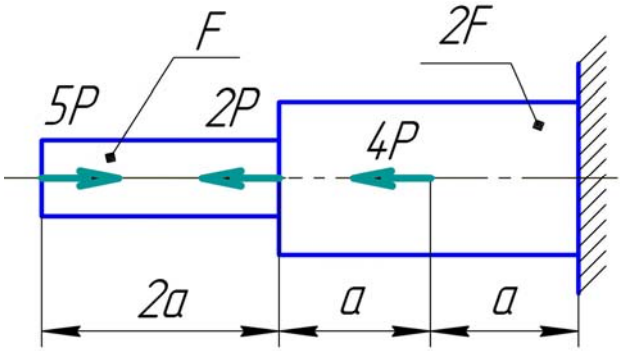
Заданные численные величины: скручивающий момент $\boldsymbol{L}$ = 50 кН·м, диаметр вала $\boldsymbol{d}$ = 12 см, длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал вала – сталь (модуль сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа). Допускаемое касательное напряжение [$\boldsymbol{\tau}$] = 100 МПа; допускаемый относительный угол закручивания [$\boldsymbol{\theta}$] = 0,45 град/м.



Вариант №7

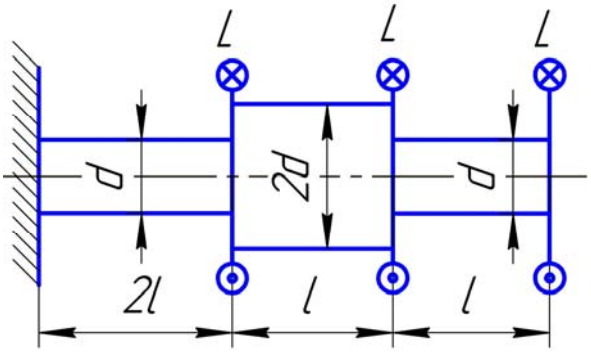
Задача №1. Из условия прочности определить необходимую площадь поперечного сечения $\boldsymbol{F}$ ступенчатого стержня, испытывающего центральное растяжение-сжатие. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине площади сечения построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости стержня.

Исходные данные: сила $\boldsymbol{P}$ = 15 кН; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,4 м; материал стержня – бронза (модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 110 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 80 МПа; допускаемое перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 370 мкм.



Задача №2. Исходя из условия прочности и жесткости, определить грузоподъемность (величину допускаемого момента $[\boldsymbol{L}]$) для ступенчатого стержня круглого сечения при кручении. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

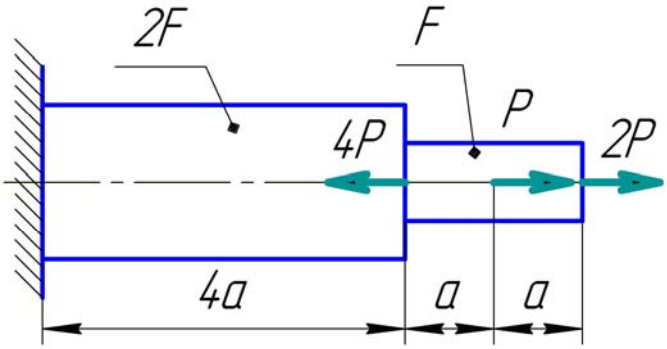
Задано: диаметр $\boldsymbol{d}$ = 12 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,3 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 60 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,4 град/м.



Вариант №8

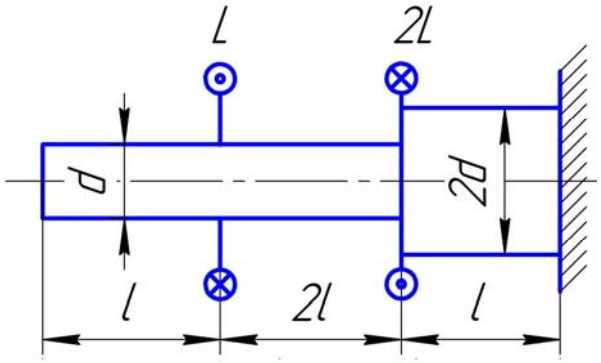
Задача №1. Выполнить проектировочный расчет на прочность (определить необходимую площадь поперечного сечения $\boldsymbol{F}$) ступенчатого стержня при растяжении-сжатии. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине площади сечения построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости.

Исходные данные: сосредоточенная сила $\boldsymbol{P}$ = 15 кН; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,2 м. Материал стержня – титан (модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 120 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 330 МПа; допускаемое перемещение поперечных сечений $[\boldsymbol{\delta}]$ = 400 мкм.



Задача №2. Из условия прочности и жесткости определить грузоподъемность (величину допускаемого момента $[\boldsymbol{L}]$) для ступенчатого стержня круглого сечения, испытывающего кручение. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

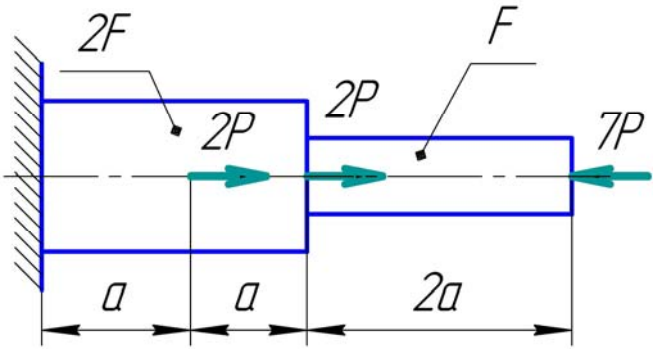
Задано: диаметр $\boldsymbol{d}$ = 14 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал вала – сталь (модуль сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа). Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 100 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,7 град/м.



Вариант №9

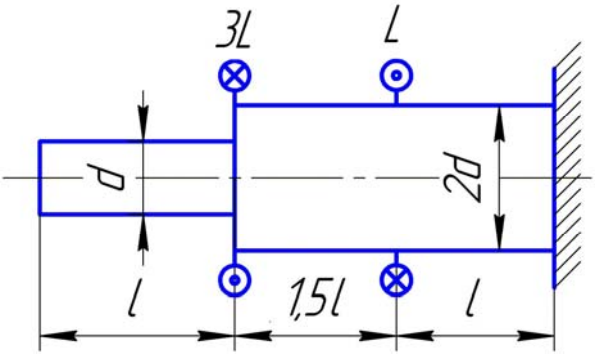
Задача №1. Из условия прочности определить величину допускаемой силы [$\boldsymbol{P}$] (грузоподъемность) ступенчатого стержня при центральном растяжении-сжатии. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине грузоподъемности построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости.

Исходные данные: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 10 см^2; длина участков $\boldsymbol{a}$ = 0,2 м. Материал стержня – латунь (модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 100 ГПа); допускаемое нормальное напряжение [$\boldsymbol{\sigma}$] = 60 МПа; допускаемое перемещение [$\boldsymbol{\delta}$] = 400 мкм.



Задача №2. Выполнить проверочный расчет на прочность и жесткость ступенчатого вала с заданным соотношением диаметров. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

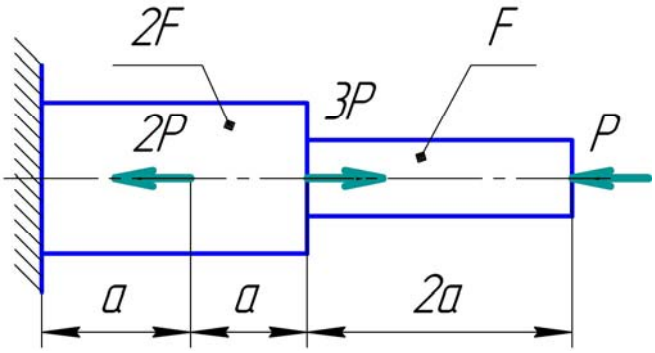
Задано: скручивающий момент $\boldsymbol{L}$ = 45 кН·м; диаметр стержня $\boldsymbol{d}$ = 8 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение [$\boldsymbol{\tau}$] = 80 МПа; допускаемый относительный угол закручивания [$\boldsymbol{\theta}$] = 0,7 град/м.



Вариант №10

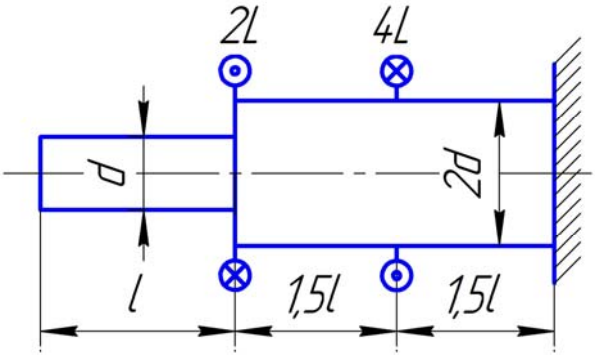
Задача №1. Выполнить проверочный расчет на прочность и жесткость ступенчатого стержня. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$ и осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$.

Исходные данные: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 7 см^2; сосредоточенная сила $\boldsymbol{P}$ = 8 кН; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,7 м; материал – сталь (модуль упругости $\boldsymbol{E}$ =200 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 160 МПа; величина допускаемого перемещения $[\boldsymbol{\delta}]$ = 350 мкм.



Задача №2. Выполнить проектировочный расчет на прочность и жесткость (подобрать необходимый диаметр $\boldsymbol{d}$) для ступенчатого стержня, испытывающего кручение. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

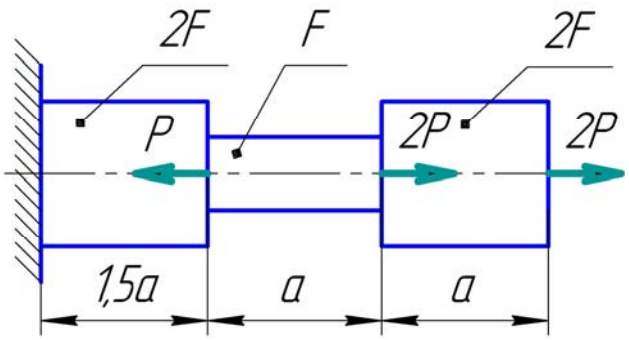
Заданные численные величины: скручивающий момент $\boldsymbol{L}$ = 60 кН·м; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,7 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 60 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,8 град/м.



Вариант №11

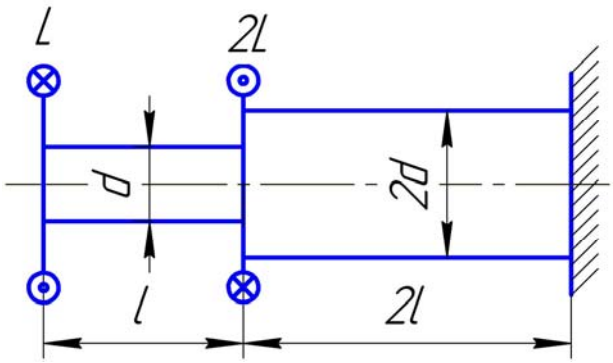
Задача №1. Из условия прочности определить необходимую площадь поперечного сечения ***F*** ступенчатого стержня, испытывающего центральное растяжение-сжатие. Построить эпюры продольных сил ***N***, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине площади сечения построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить выполнение условия жесткости стержня.

Исходные данные: сила ***P*** = 25 кН; длина ***a*** = 0,4 м; материал стержня – бронза (модуль продольной упругости ***E*** = 110 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 80 МПа; допускаемое перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 470 мкм.



Задача №2. Исходя из условия прочности и жесткости, определить грузоподъемность (величину допускаемого момента $[\boldsymbol{L}]$) ступенчатого вала. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

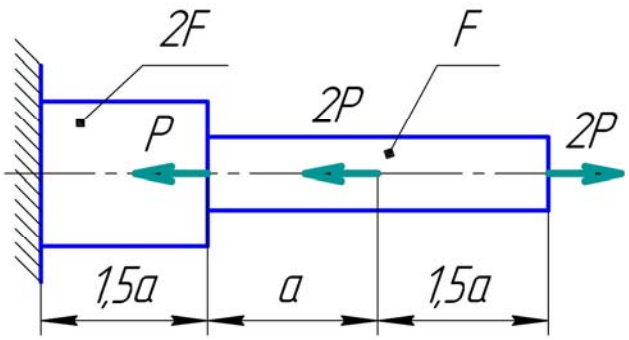
Задано: диаметр ступени стержня ***d*** = 10 см; длина ***l*** = 0,6 м. Материал вала – сталь (модуль сдвига ***G*** = 80 ГПа). Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 60 МПа; допускаемая величина относительного угла закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,7 град/м.



Вариант №12

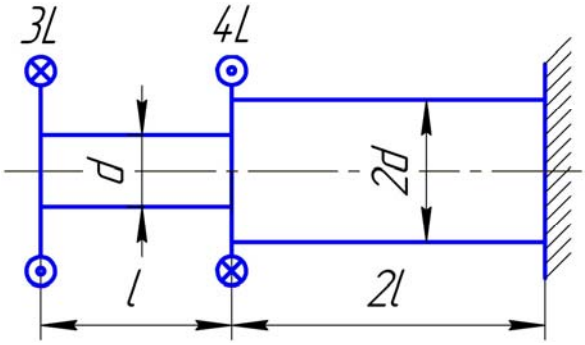
Задача №1. Из условия прочности определить грузоподъемность (величину допускаемой силы [$\boldsymbol{P}$]) ступенчатого стержня. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине силы [$\boldsymbol{P}$] построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости стержня.

Исходные данные: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 9 см^2; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,4 м. Материал стержня – латунь; модуль упругости $\boldsymbol{E}$ = 100 ГПа. Допускаемое нормальное напряжение [$\boldsymbol{\sigma}$] = 60 МПа; допускаемое перемещение [$\boldsymbol{\delta}$] = 450 мкм.



Задача №2. Для ступенчатого вала круглого поперечного сечения выполнить проверочный расчет на прочность и жесткость. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

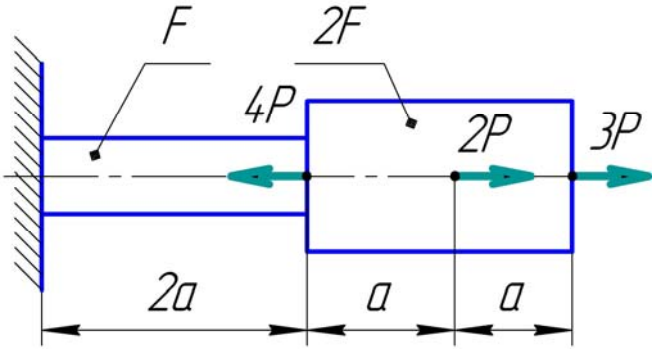
Заданные величины: скручивающий момент $\boldsymbol{L}$ = 70 кН·м; диаметр стержня $\boldsymbol{d}$ = 8 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал вала – сталь; модуль сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение [$\boldsymbol{\tau}$] = 100 МПа; допускаемый относительный угол закручивания [$\boldsymbol{\theta}$] = 0,6 град/м.



Вариант №13

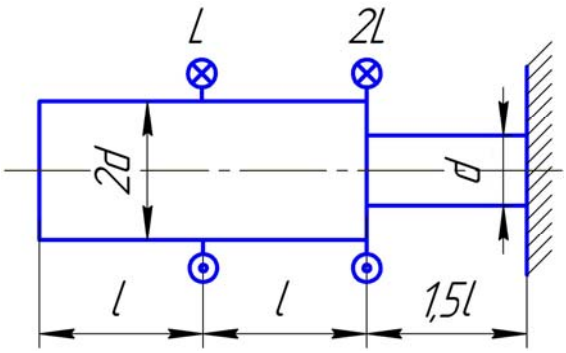
Задача №1. Проверить прочность и жесткость (выполнить проверочный расчет) ступенчатого стержня при центральном растяжении-сжатии. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$ и осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$.

Исходные данные: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 10 см^2 ; сила $\boldsymbol{P}$ = 14 кН; длина участка $\boldsymbol{a}$ = 0,8 м; материал – сталь (модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 200 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 160 МПа; допускаемое перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 250 мкм.



Задача №2. Выполнить проектировочный расчет на прочность и жесткость (подобрать необходимый диаметр $\boldsymbol{d}$) для ступенчатого вала, испытывающего кручение. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

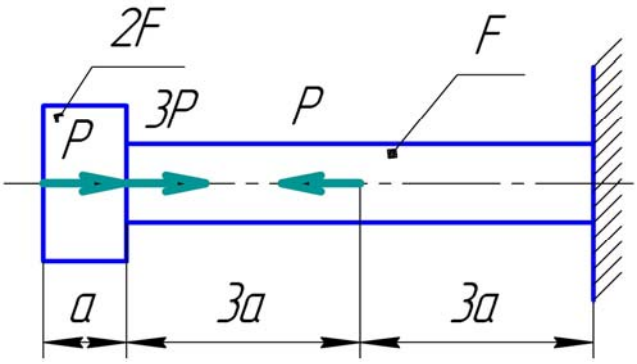
Задано: величина скручивающего момента $\boldsymbol{L}$ = 40 кН·м; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,4 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 60 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,7 град/м.



Вариант №14

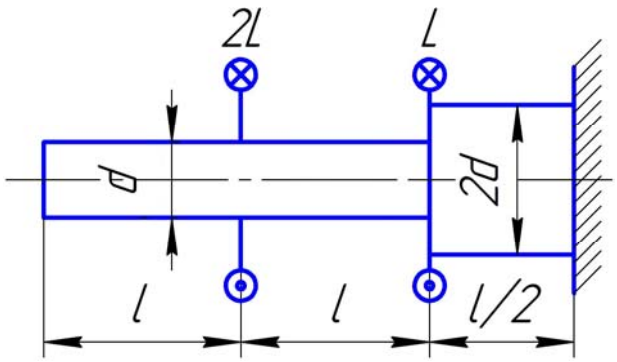
Задача №1. Из условия прочности определить необходимую площадь поперечного сечения $\boldsymbol{F}$ ступенчатого стержня, испытывающего центральное растяжение-сжатие. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине площади построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости стержня.

Исходные данные: сила $\boldsymbol{P}$ = 16 кН; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,3 м. Материал стержня – бронза (модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 110 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 80 МПа; допускаемое перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 500 мкм.



Задача №2. Исходя из условия прочности и жесткости, определить грузоподъемность (величину допускаемого сосредоточенного момента $[\boldsymbol{L}]$) для стержня круглого сечения при кручении. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

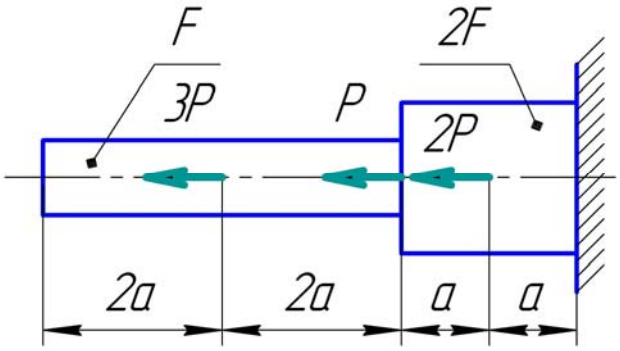
Задано: диаметр стержня $\boldsymbol{d}$ = 12 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,6 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 60 МПа; допускаемый относительный угол закручивания поперечных сечений $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,5 град/м.



Вариант №15

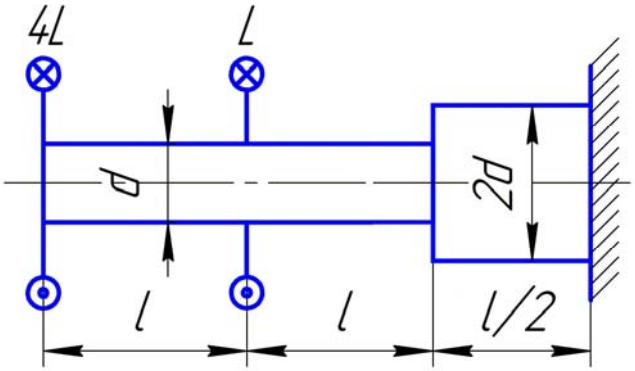
Задача №1. Из условия прочности определить грузоподъемность (величину допускаемой силы [***P***]) ступенчатого стержня, испытывающего растяжение-сжатие. Построить эпюры продольных сил ***N***, нормальных напряжений ***σ***. При найденной величине силы [***P***] построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений ***δ*** и проверить выполнение условия жесткости стержня.

Дано: площадь поперечного сечения стержня ***F*** = 9 см^2; длина ***a*** = 0,6 м. Материал стержня – латунь; модуль продольной упругости ***E*** = 110 ГПа. Допускаемое нормальное напряжение [***σ***] = 60 МПа; допускаемое перемещение [***δ***] = 450 мкм.



Задача №2. Выполнить проверочный расчет на прочность и жесткость заданного ступенчатого стержня круглого сечения. Построить эпюры крутящего момента M_x, касательных напряжений ***τ*** и углов закручивания ***φ*** поперечных сечений.

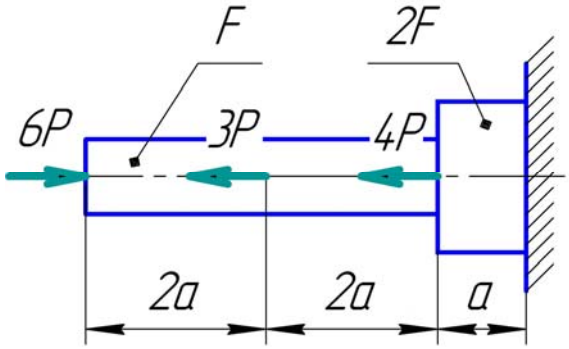
Задано: скручивающий момент ***L*** = 70 кН·м; диаметр стержня ***d*** = 7 см; длина ***l*** = 0,5 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига ***G*** = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение [***τ***] = 100 МПа; допускаемый относительный угол закручивания [***θ***] = 0,8 град/м.



Вариант №16

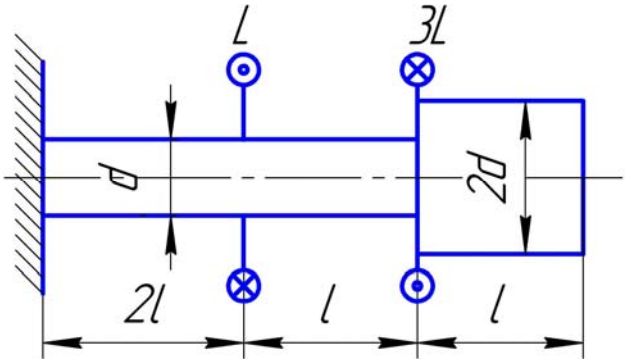
Задача №1. Выполнить проверочный расчет на прочность и жесткость ступенчатого стержня при заданных нагрузках, размерах и материале. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$ и осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$.

Исходные данные: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 11 см^2 ; сила $\boldsymbol{P}$ = 12 кН; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,4 м; материал – сталь; допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 160 МПа; модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ =200 ГПа; допускаемое перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 250 мкм.



Задача №2. Выполнить проектировочный расчет на прочность и жесткость (подобрать необходимый диаметр $\boldsymbol{d}$) для ступенчатого стержня, испытывающего кручение. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

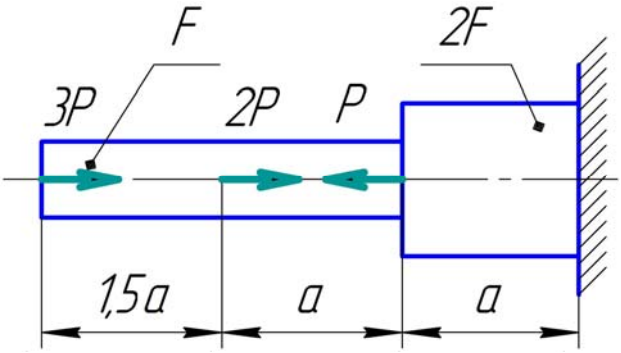
Задано: численная величина скручивающего момента $\boldsymbol{L}$ = 70 кН·м; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал вала – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 60 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,6 град/м.



Вариант №17

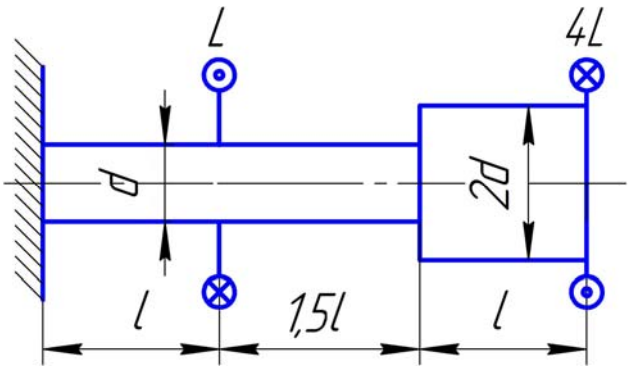
Задача №1. Из условия прочности рассчитать необходимую площадь поперечного сечения ***F*** ступенчатого стержня, испытывающего центральное растяжение-сжатие. Построить эпюры продольных сил ***N***, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине площади сечения построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости стержня.

Исходные данные: сила ***P*** = 15 кН; длина ***a*** = 0,3 м; материал стержня – бронза (модуль продольной упругости ***E*** = 110 ГПа); допускаемые нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 80 МПа и перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 400 мкм.



Задача №2. Исходя из условия прочности и жесткости, определить грузоподъемность (величину допускаемого момента [***L***]) для ступенчатого стержня круглой формы при кручении. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

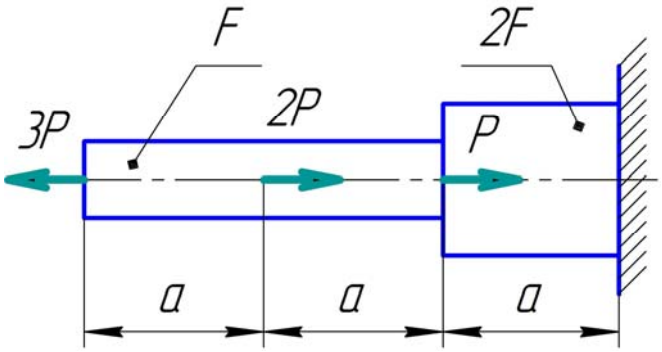
Дано: диаметр ***d*** = 13 см; длина ***l*** = 0,3 м. Материал вала – сталь (модуль сдвига ***G*** = 80 ГПа). Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 60 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,7 град/м.



Вариант №18

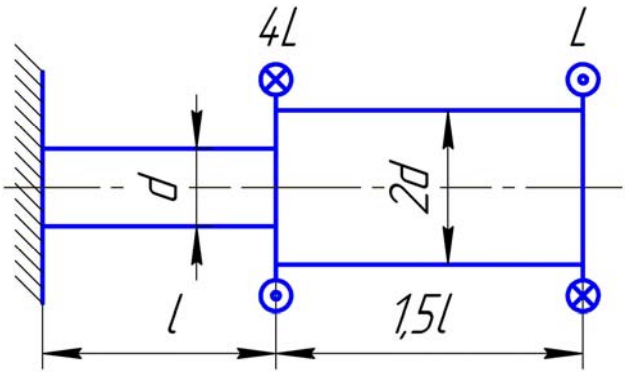
Задача №1. Из условия прочности определить величину допускаемой силы [$\boldsymbol{P}$] ступенчатого стержня. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденном значении [$\boldsymbol{P}$] построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить условие жесткости стержня.

Дано: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 8 см^2; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,4 м. Материал стержня – латунь; модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 110 ГПа. Допускаются численные значения нормального напряжения [$\boldsymbol{\sigma}$] = 60 МПа и перемещения [$\boldsymbol{\delta}$] = 300 мкм.



Задача №2. Выполнить проверочный расчет на прочность и жесткость ступенчатого стержня круглого сечения, испытывающего кручение. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

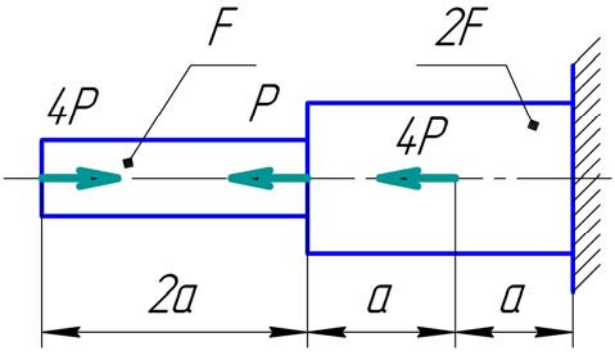
Исходные данные: сосредоточенный скручивающий момент $\boldsymbol{L}$ = 70 кН·м; диаметр $\boldsymbol{d}$ = 8 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,4 м. Материал вала – сталь, модуль сдвига стали $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение [$\boldsymbol{\tau}$] = 80 МПа; допускаемый относительный угол закручивания [$\boldsymbol{\theta}$] = 0,9 град/м.



Вариант №19

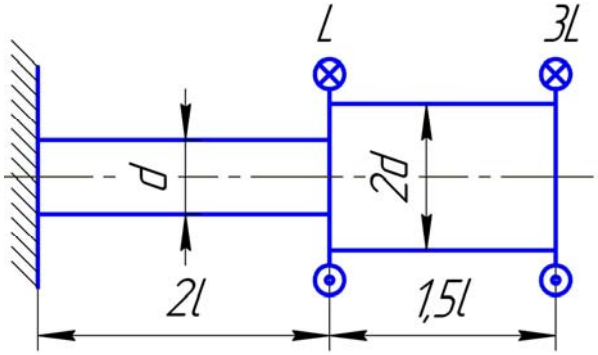
Задача №1. Проверить прочность и жесткость (выполнить проверочный расчет) ступенчатого стержня при его растяжении, сжатии. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$ и осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$.

Исходные данные: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 10 см^2 ; сила $\boldsymbol{P}$ = 15 кН; длина участка $\boldsymbol{a}$ = 0,6м; материал – сталь; допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 160 МПа; модуль упругости $\boldsymbol{E}$ =200 ГПа; допускаемое перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 350 мкм.



Задача №2. Выполнить проектировочный расчет на прочность и жесткость (подобрать необходимый диаметр $\boldsymbol{d}$) для ступенчатого стержня, испытывающего кручение. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и углов поворота $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

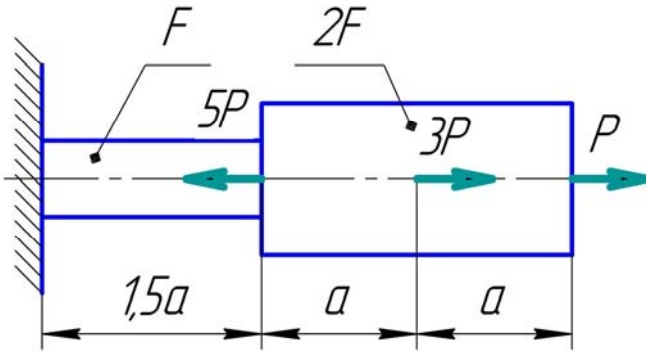
Задано: численная величина скручивающего момента $\boldsymbol{L}$ = 70 кН·м; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,6 м. Материал стержня – сталь; модуль сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 60 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,4 град/м.



Вариант №20

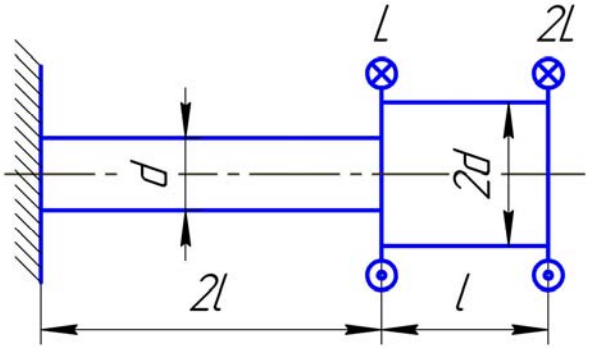
Задача №1. Исходя из условия прочности, определить грузоподъемность (величину допускаемой силы [$\boldsymbol{P}$]) ступенчатого стержня, нагруженного по приведенной схеме. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$. При найденной величине [$\boldsymbol{P}$] построить эпюру осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$ и проверить жесткость стержня.

Задано: площадь поперечного сечения стержня $\boldsymbol{F}$ = 12 см^2; длина участка $\boldsymbol{a}$ = 0,8 м. Материал – латунь; модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ = 100 ГПа. Допускаемое нормальное напряжение [$\boldsymbol{\sigma}$] = 70 МПа; допускаемое перемещение [$\boldsymbol{\delta}$] = 250 мкм.



Задача №2. Выполнить проверочный расчет на прочность и жесткость ступенчатого вала. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и абсолютных углов закручивания $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

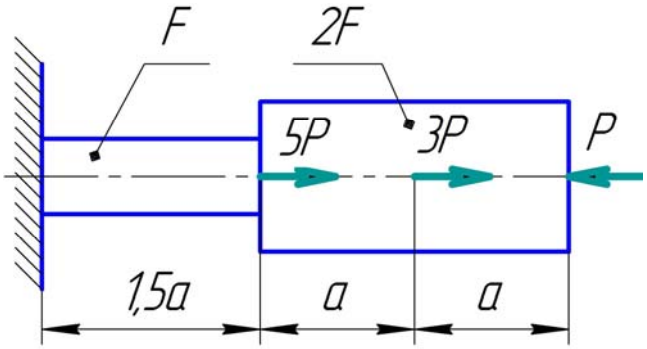
Исходные данные: скручивающий момент $\boldsymbol{L}$ = 70 кН·м; диаметр $\boldsymbol{d}$ = 10 см; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,5 м. Материал стержня – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение [$\boldsymbol{\tau}$] = 100 МПа; допускаемый относительный угол закручивания [$\boldsymbol{\theta}$] = 0,4 град/м.



Вариант №21

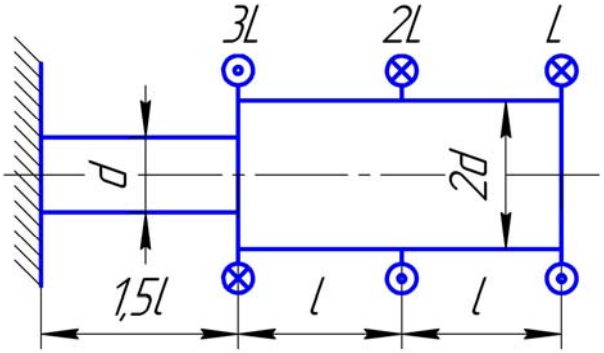
Задача №1. Проверить прочность и жесткость (выполнить проверочный расчет) ступенчатого стержня при центральном растяжении-сжатии. Построить эпюры продольных сил $\boldsymbol{N}$, нормальных напряжений $\boldsymbol{\sigma}$ и осевых перемещений поперечных сечений $\boldsymbol{\delta}$.

Исходные данные: площадь поперечного сечения $\boldsymbol{F}$ = 7 см^2; сосредоточенная сила $\boldsymbol{P}$ = 25 кН; длина $\boldsymbol{a}$ = 0,4 м; материал – сталь (модуль продольной упругости $\boldsymbol{E}$ =200 ГПа); допускаемое нормальное напряжение $[\boldsymbol{\sigma}]$ = 160 МПа; допускаемое перемещение $[\boldsymbol{\delta}]$ = 250 мкм.



Задача №2. Выполнить проектировочный расчет на прочность и жесткость (подобрать необходимый диаметр $\boldsymbol{d}$) для ступенчатого вала, испытывающего кручение. Построить эпюры крутящего момента $\boldsymbol{M_x}$, касательных напряжений $\boldsymbol{\tau}$ и углов поворота $\boldsymbol{\varphi}$ поперечных сечений.

Задано: численная величина скручивающего момента $\boldsymbol{L}$ = 40 кН·м; длина $\boldsymbol{l}$ = 0,3 м. Материал стержня – сталь с модулем сдвига $\boldsymbol{G}$ = 80 ГПа. Допускаемое касательное напряжение $[\boldsymbol{\tau}]$ = 70 МПа; допускаемый относительный угол закручивания $[\boldsymbol{\theta}]$ = 0,6 град/м.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Феодосьев В. И., Сопротивление материалов : учебник для технических вузов. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 592 с.

2 Ицкович Г. М., Минин Л. С., Винокуров А. И., Руководство к решению задач по сопротивлению материалов : учебное пособие для вузов / под ред. Л. С. Минина. – Москва : Высшая школа, 2001. – 592 с.

3 Николаенко В. Л., Механика : учебное пособие. – Москва : ИНФРА-М; Минск : Новое знание, 2011. – 636 с. – Доступ из ЭБС «Znanium.com».

4 Атапин В. Г., Механика. Сопротивление материалов : учебное пособие. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. – Доступ из ЭБС «Консультант студента».

5 Схиртладзе А. Г., Чеканин А. В., Волков В. В., Сопротивление материалов: в 2-х ч. : учебник. – Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2018. Ч. 1. – 272 с. – Доступ из ЭБС «Znanium.com».

6 Схиртладзе А. Г., Чеканин А. В., Волков В. В., Сопротивление материалов: в 2-х ч. : учебник. – Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2018. Ч. 2. – 192 с. – Доступ из ЭБС «Znanium.com».

7 Тютрин С. Г. Построение эпюр внутренних силовых факторов : учебное пособие. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 1997. – 51 с.

8 Тютрин С. Г., Геометрические характеристики плоских сечений и расчеты на прочность : учебное пособие. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2000. – 70 с.

9 Коротовских В. К., Расчеты на прочность и жесткость при растяжении-сжатии и кручении : задания и методические указания к рубежному контролю №1. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2013. – 32 с.

Коротовских Валентин Константинович

РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ

ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ И КРУЧЕНИИ

задания и методические указания
к рубежному контролю №3
для студентов очной формы обучения
направления 20.03.01

Редактор Н. Н. Погребняк

Подписано в печать 24.04.19	Формат 60×84 1/16	Бумага 65 г/м^2
Печать цифровая	Усл. печ. л. 2,25	Уч.- изд. л. 2,25
Заказ 78	Тираж 25	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.