**Сдвиг и кручение:** Чистый сдвиг. Закон Гука для сдвига. Зависимость между тремя упругими постоянными для изотропного тела (без вывода). Построение эпюр крутящих моментов. Основные гипотезы. Напряжения в поперечных сечениях бруса. Угол закручивания

Теоретическое занятие

Специальность: 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

ФИЗИКА

ОП.03 Техническая механика

Тема 2.4. Сдвиг и кручение: Чистый сдвиг. Закон Гука для сдвига. Зависимость между тремя упругими постоянными для изотропного тела (без вывода). Построение эпюр крутящих моментов. Основные гипотезы. Напряжения в поперечных сечениях бруса. Угол закручивания

Преподаватель:

Галина Валерьевна Пантина

2023

**Сдвиг и кручение: Чистый сдвиг. Закон Гука для сдвига. Зависимость между тремя упругими постоянными для изотропного тела (без вывода). Построение эпюр крутящих моментов. Основные гипотезы. Напряжения в поперечных сечениях бруса. Угол закручивания**

**Теоретический материал**

Деформацией твердого тела называется изменение его размеров и объема, которое обычно сопровождается изменением формы тела (исключение составляет всестороннее растяжение (сжатие), при котором форма тела сохраняется неизменной).

Растяжение – вид деформации, при котором внутренние силы в поперечном сечении бруса сводится только к одному силовому фактору – продольной силе направленной от сечения.

Сжатие – вид деформации, при котором внутренние силы в поперечном сечении бруса сводится только к одному силовому фактору – продольной силе направленной к сечению.

Изгиб – вид деформации, при котором происходит искривление оси прямого бруса или изменение кривизны оси кривого бруса, связан с возникновением в поперечных сечениях бруса изгибающих моментов и часто одновременно с ними – поперечных сил.

Сдвиг – вид деформации, при котором в поперечном сечении бруса возникает только поперечная сила.

Кручение – вид деформации стержня, при котором в его поперечных сечениях возникают только крутящиеся моменты; нормальная сила, изгибающие моменты и поперечные силы отсутствуют.

Чистый сдвиг – вид плоского напряженного и деформированного состояния, при котором на двух взаимно перпендикулярных площадках действуют только касательные напряжения, а нормальные напряжения отсутствуют.

Закон Гука для сдвига: угол сдвига γ при напряжениях, не превышающих предела пропорциональности материала, пропорционален касательным напряжениям τ=F/S:

,

где G – модуль сдвига.

Зависимость между тремя упругими постоянными для изотропного тела:

,

где Е – модуль Юнга,

μ – коэффициент Пуассона.

Момент силы М – физическая величина, равная произведению модуля силы F и ее плеча l:

М=Fl.

Плечо силы – длина перпендикуляра, опущенного от оси вращения на линию действия силы.

Условие статистического равновесия для вращательного движения: Вращательное движение твердого тела в инерциальной системе отсчета не возникает, если алгебраическая сумма моментов всех сил, действующих на тело, равна нулю:

.

***Построение эпюр крутящих моментов.***

Эпюра крутящих моментов – график, отображающий изменение крутящих моментов по длине бруса. Определение крутящих моментов производят на основании метода сечений. Крутящий момент в произвольном поперечном сечении бруса численно равен алгебраической сумме внешних скручивающих моментов, приложенных к оставшейся части бруса после его мысленного рассечения на две части. Знак крутящего момента не играет существенной роли в расчетах, но для удобства построения эпюры им присваивают знаки: крутящий момент считается положительным, если при взгляде в торец оставшейся части бруса внутренний крутящий момент будет совпадать с ходом часовой стрелки. Каждая ордината эпюры в принятом масштабе равна крутящему моменту, действующего в том поперечном сечении бруса, которому соответствует эта ордината. В сечении, в котором к брусу приложен внешний скручивающий момент, ордината эпюры меняются скачком на величину, равную значению этого момента.

Эпюра строится по участкам, границами которых являются сечения, где приложены внешние скручивающие моменты. Для произвольного сечения в пределах каждого участка составляется условие статистического равновесия для оставшейся части, из которого находится значение внутреннего крутящего момента.

***Пример решения задачи.***

*Задача №6.0. Построить эпюру Мk для бруса (рис. 1. Для задачи 6.0), закрепленного в подшипниках В иС и нагруженного скручивающими моментами М1=500 Н.м, М2=300 Н.м, М3=200 Н.м.*

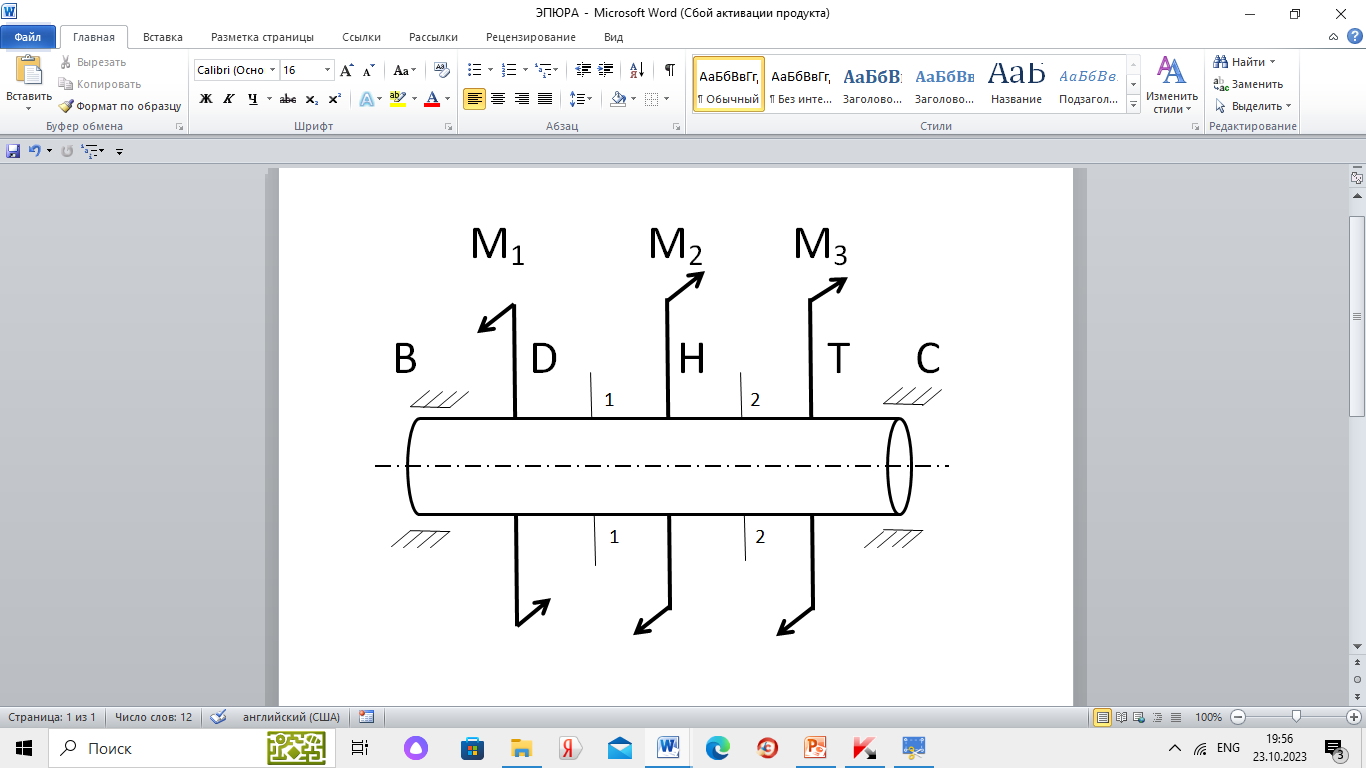


Рисунок 1. Для задачи 6.0.

Решение: В данном случае брус имеет четыре участка: BD, DH, НT, TC. Будем считать, что в подшипниках В и С трение отсутствует и брус может свободно поворачиваться. Тогда на двух крайних участках BD и TC не возникнет внутренних крутящих моментов.

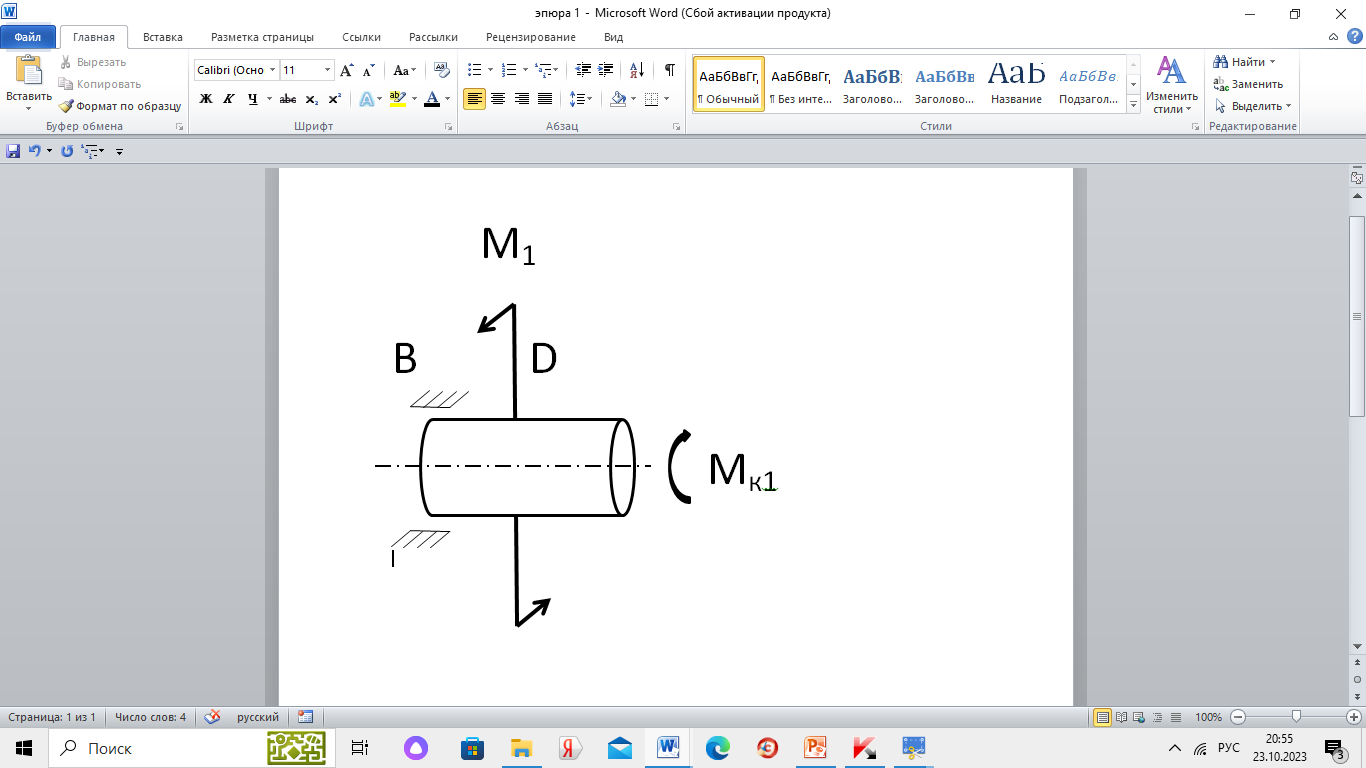
На участке DH проведем сечение 1-1, перпендикулярное оси бруса. Для оставшейся левой части *(рис. 2. Для задачи 6.0)* запишем уравнение статистического равновесия:

Рисунок 2. Для задачи 6.0

*,* откуда *Mk1=500 Н.м.*

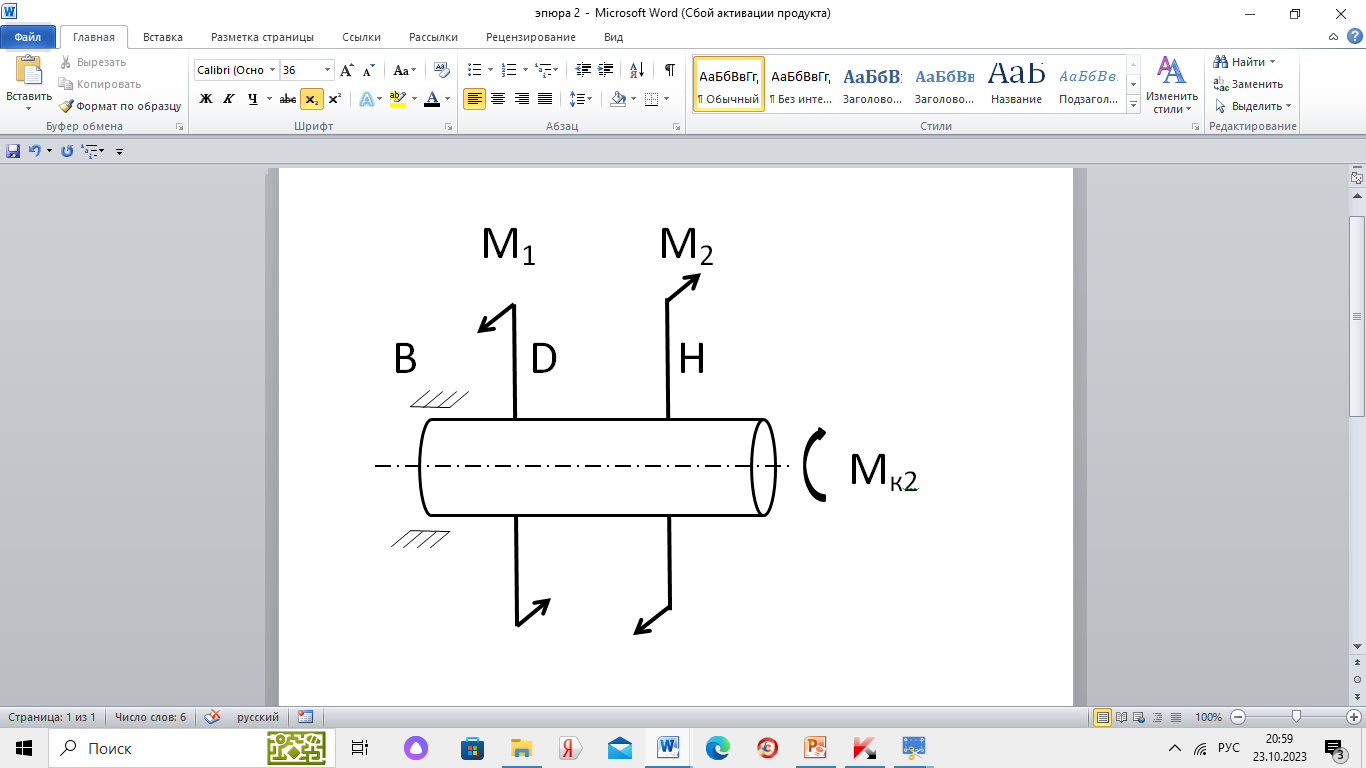
На участке НТ проведем сечение 2-2. Уравнение статистического равновесия для оставшейся левой части *(рис. 3. Для задачи 6.0)* запишется в таком виде:

Рисунок 3. Для задачи 6.0

*,* откуда *Mk2=200 Н.м.*

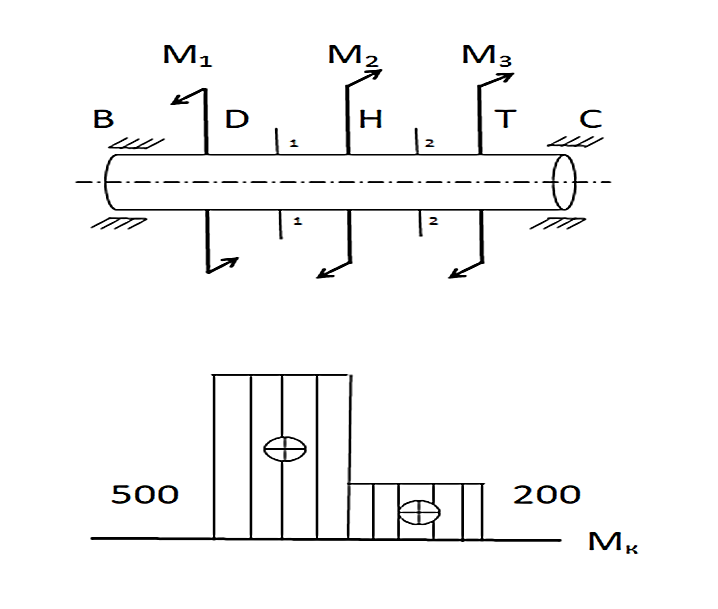
Из полученных выражений для *Mk1 и Mk2* видно, что в пределах участков DH и НT крутящие моменты являются постоянными и графики их изменения изображаются прямой, параллельной оси бруса. Эпюра *Mk* показана на рисунке 4 (Для задачи 6.0).

Рисунок 4. Для задачи 6.0.

***Основные гипотезы (допущения) о материале.***

*Гипотеза об однородности и изотропности материала*. Материал предполагается однородным и изотропным, т.е. в любом направлении свойства материала считаются одинаковыми.

*Гипотеза о сплошности* *материала*. Предполагается, что материал полностью заполняет весь объем тела без каких-либо пустот, т.е. тело рассматривается как сплошная среда. Это допущение можно рассматривать как следствие гипотезы об однородности материала.

*Гипотеза о совершенной (идеальной) упругости материала.* Все тела предполагаются абсолютно упругими, хотя реальные тела обладают упругостью только до определенных величин нагрузок.

*Гипотеза о малости деформаций.* Деформации малы по сравнению с размерами деформируемого тела.

*Гипотеза о линейной зависимости между деформациями и напряжениями.* Предполагается, что деформации материала в каждой его точке прямо пропорциональны напряжением в этой точке. Эта гипотеза носит название закона Гука. Она справедлива для большинства материалов, но для каждого из них лишь при напряжениях, не превышающих предела пропорциональности.

*Гипотеза плоских сечений*. Поперечные сечения, проведенные в теле, плоские до приложения к нему нагрузки, остаются плоскими и при действии нагрузки.

***Напряжения в поперечных сечениях бруса. Угол закручивания****.*

Напряжения и деформации при кручении в значительной степени зависит от форм поперечного сечения стержня. Гипотеза плоских сечений справедлива только для стержня с круглым сплошным или кольцевым поперечным сечением. У стержней, имеющих другую форму поперечного сечения, при кручении происходит искривление.

Теория кручения круглых стержней основана на следующих предпосылках:

1. Все поперечные сечения в процессе деформации остаются плоскими, и радиусы, проведенные в них, остаются прямыми.
2. Ось стержня после деформации остается прямой линией, и расстояния между проведенными сечениями не изменяются.
3. Любое поперечное сечение поворачивается относительно другого вокруг оси стержня на некоторый угол, называемый углом закручивания φ, который пропорционален крутящему моменту М и расстоянию между сечениями l:

,

где *GIp*– жесткость стержня при кручении, которая характеризует сопротивление стержня закручиванию.

1. Все образующие цилиндры поворачиваются на один и тот же угол.
2. В поперечных сечениях стержня возникают только касательные напряжения.

Угол закручивания φ определяется по формуле:

,

**где γ – угол сдвига,

*L* – длина бруса,

*R* – радиус бруса.

**Список использованной литературы**

1. Завистовский, В. Э. Техническая механика : учебное пособие / В. Э. Завистовский, Л. С. Турищев. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 367 c. — ISBN 978-985-503-895-6. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFобразование : [сайт]. — URL: https://profspo.ru/books/
2. Касьянов В. А. Физика. Базовый уровень. 10 класс: учебник – М.: –Просвещение, 2022. – 301 с.
3. Максина, Е. Л. Техническая механика : учебное пособие / Е. Л. Максина. — 2-е изд. — Саратов : Научная книга, 2019. — 159 c. — ISBN 978-5-9758-1792-1. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROFобразование : [сайт]. URL: https://profspo.ru/books/