

*Начни мыслить и все тайны мира
станут ясными и простыми*

Симеон Дени Пуассон



(1781-1840)

РАЗДЕЛ
«СОПРОТИВЛЕНИЕ
МАТЕРИАЛОВ»

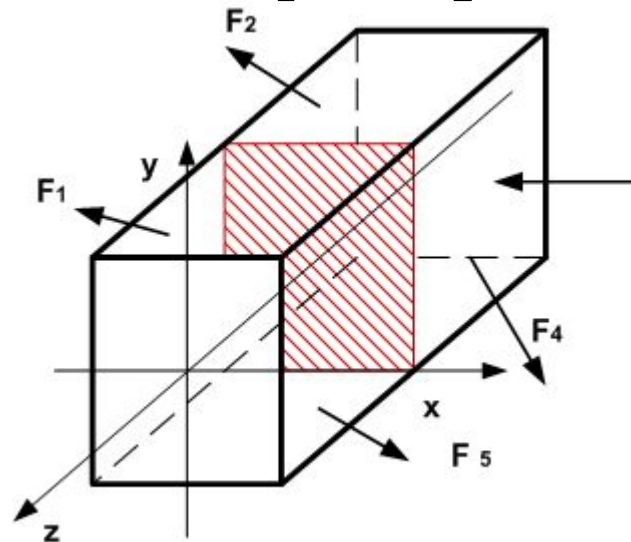
АКТУАЛИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ

◎ 1. Что изучает сопротивление материалов?

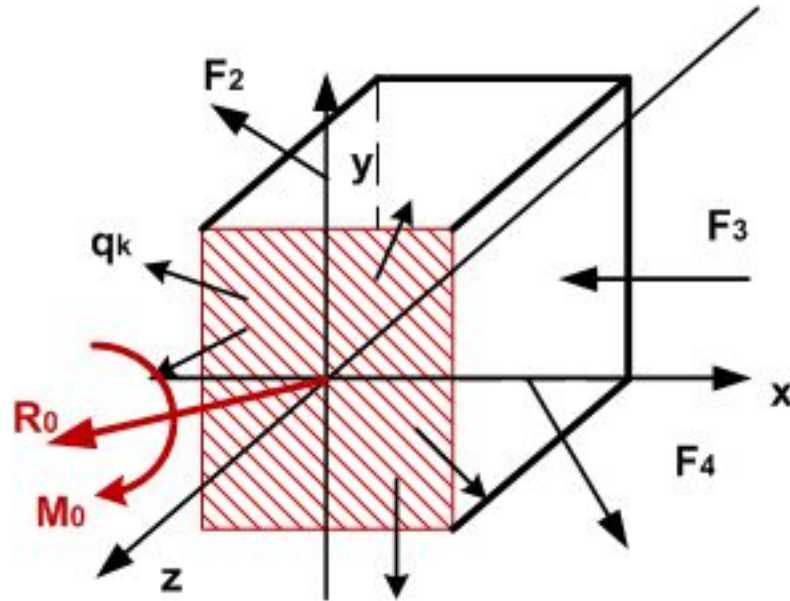
ответ: *сопротивление материалов изучает основы прочности материалов и методы расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость*

2. Каким методом мы пользуемся для определения внутренних силовых факторов?

◎ ответ: *методом сечений.*

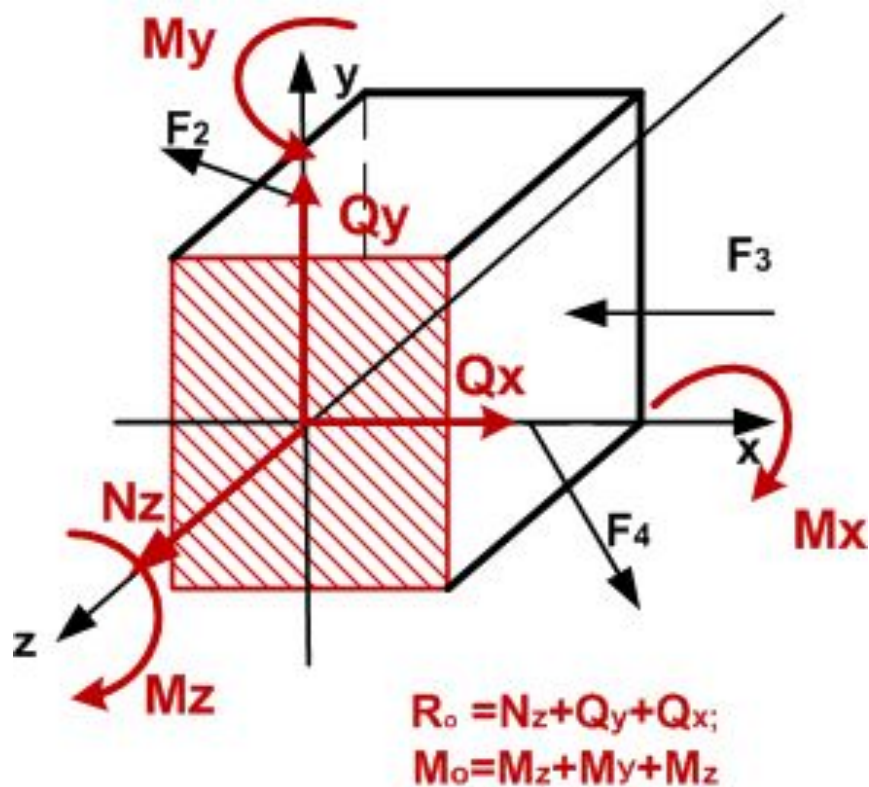


3. В чем заключается метод сечений?



- ⊙ **ответ:** *метод сечений заключается в мысленном рассечение тела плоскостью и рассмотрении равновесия любой из отсеченных частей.*

- 4. Перечислите внутренние силовые факторы и назовите вид нагружения при котором они возникают.

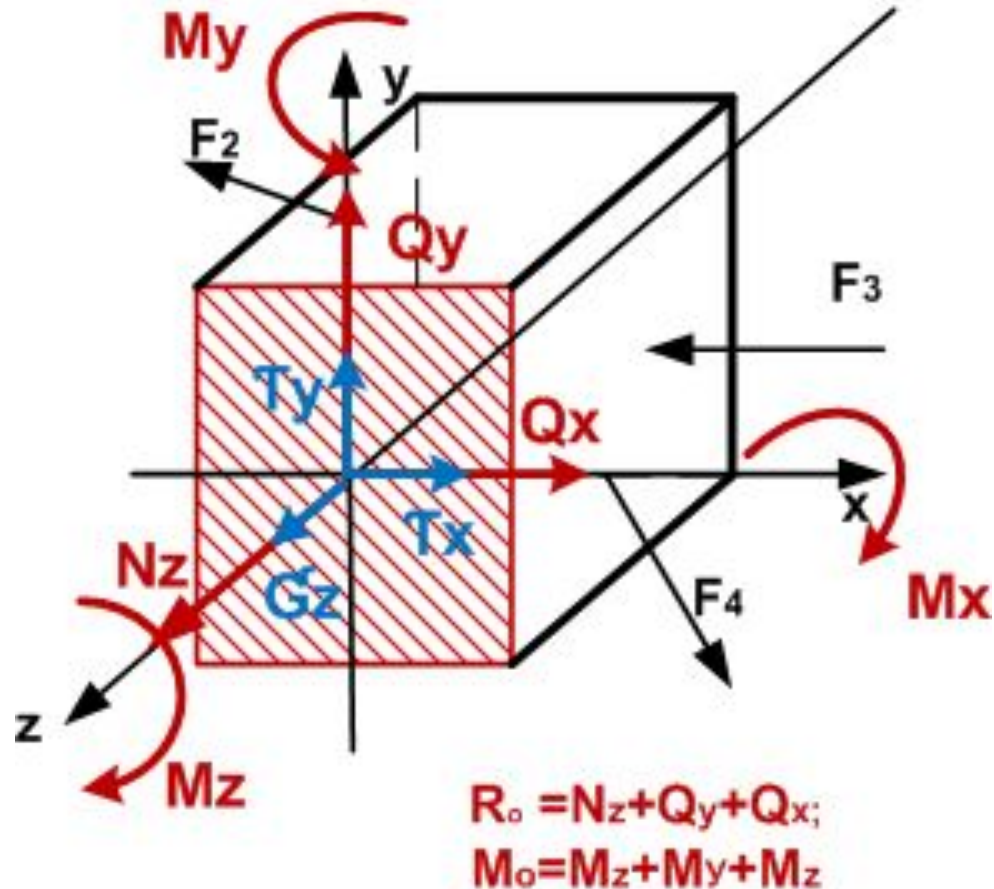


- Ответ: N_z – растяжение и сжатие; Q_x и Q_y – сдвиг сечения; M_z – кручение, M_x, M_y – изгиб бруса.

⦿ 4. Что называется напряжением?

⦿ *ответ: величина интенсивности внутренних сил называется напряжением. Напряжение характеризует величину внутренней силы приходящейся на единицу площади поперечного сечения.*

- 5. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях?



- ответ: нормальные и касательные.
Нормальное напряжение направлено вдоль продольной оси перпендикулярно сечению, касательное напряжение лежит в сечении.

- ⦿ **6. Что называется растяжением, сжатием?**
- ⦿ **ответ: *растяжением, сжатием называется такой вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор продольная сила N_z , которая вызывает нормальное напряжение.***
- ⦿ **7. Какая деформация возникает при растяжении и сжатии?**
- ⦿ **ответ: *абсолютное удлинение и абсолютное сужение, относительное удлинение и относительное сужение.***

⊙ 10. Что называется кручением?

Ответ: Кручением называется такой вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор крутящий момент M_z , который вызывает касательное напряжение.

⊙ 11. Что называется изгибом?

⊙ *Ответ: Изгибом называется такой вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор изгибающий момент M_x и M_y , который вызывает нормальное напряжение.*

ТЕМА: 2.5. «КРУЧЕНИЕ».

План урока:

- ⊙ **1. Внутренние силовые факторы, закон Гука при деформации «Кручение».**
- ⊙ **2. Построение эпюр крутящих моментов.**

ДЕФОРМАЦИИ ПРИ КРУЧЕНИИ

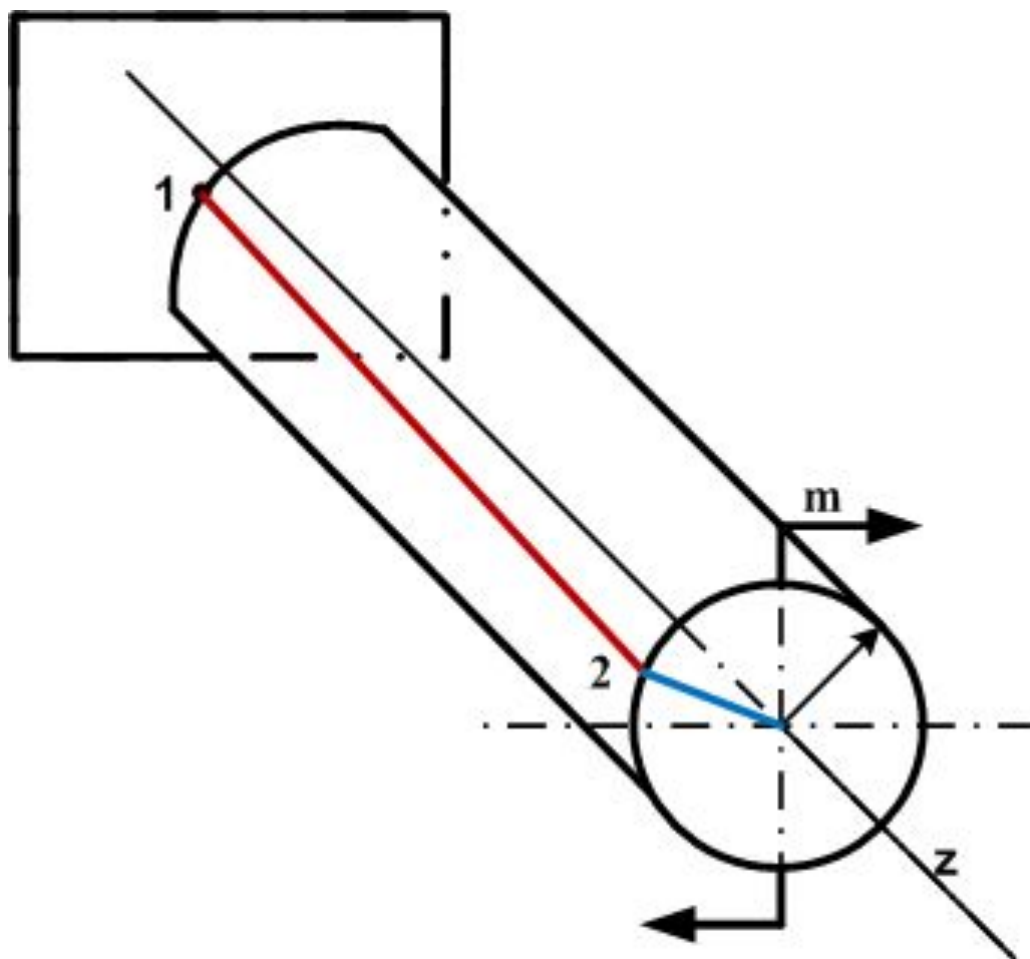


Рис.1

ДЕФОРМАЦИИ ПРИ КРУЧЕНИИ

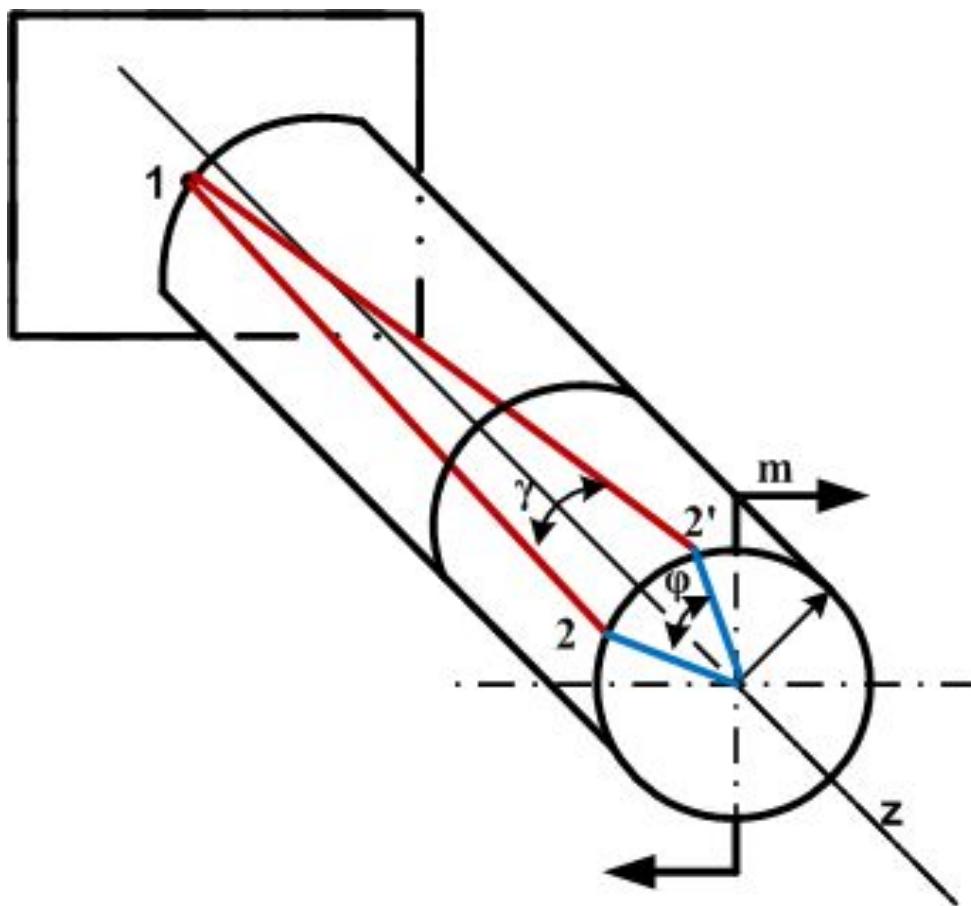


Рис.1

γ - *угол сдвига* (угол поворота образующей).

φ - *угол закручивания* (угол поворота сечения).

- **Длина бруса и размеры поперечного сечения при кручении не изменяются.**
- **Обозначим l - длина бруса; R - радиус сечения. Определим связь между углом сдвига и углом закручивания. Дуга $22'$ равна $\varphi \cdot R = l \cdot \gamma$**
- **Связь между угловыми деформациями определяется соотношением $\varphi/\gamma = l/R$**

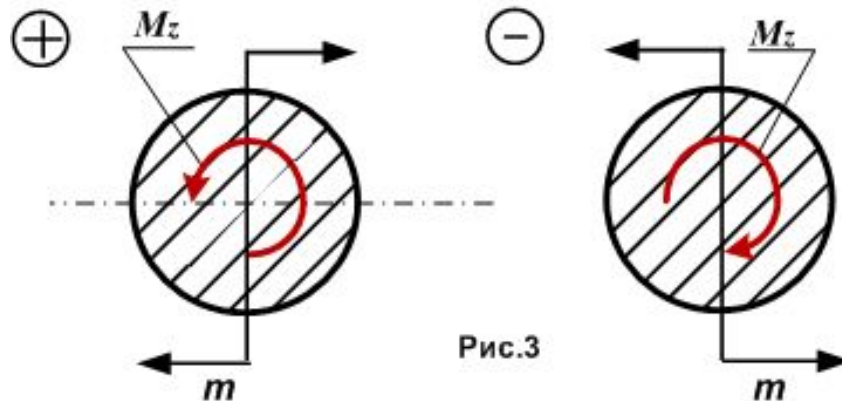
ГИПОТЕЗЫ ПРИ КРУЧЕНИИ

- ⊙ **1. Выполняется гипотеза плоских сечений: поперечное сечение бруса, плоское и перпендикулярное продольной оси, после деформации остается плоским и перпендикулярным продольной оси.**
- ⊙ **2. Расстояние между поперечными сечениями после деформации не меняется.**
- ⊙ **3. Радиус поперечного сечения и ось бруса, после деформации не искривляется. Диаметры поперечных сечений не меняются.**

ВНУТРЕННИЕ СИЛОВЫЕ ФАКТОРЫ ПРИ КРУЧЕНИИ

- Рассечем брус плоскостью **I** и рассмотрим равновесие отсеченной части.
- *Крутящий момент в сечении равен сумме моментов внешних пар сил, действующих на отсеченную часть.*
$$M_z = M_K = \sum m_z$$

Крутящий момент считаем *положительным*, если внешние моменты направлены по часовой стрелке и наоборот.



НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ КРУЧЕНИИ

- Интенсивность распределения крутящих моментов характеризуется величиной касательных напряжений.
- При кручении возникает напряженное состояние «чистый сдвиг». При сдвиге на боковой поверхности элемента возникают касательные напряжения, равные по величине. Материал подчиняется закону Гука: «Напряжение пропорционально деформации».
- Касательное напряжение пропорционально углу сдвига. Закон Гука при сдвиге $\tau = G \cdot \gamma$,
 G -модуль упругости при сдвиге, Н/мм²;
 γ - угол сдвига, рад.

⊙ Кручением называется такой вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор крутящий момент M_z , который вызывает касательное напряжение.

- ◎ **Эпюра – это график показывающий величину ВСФ вдоль всего бруса.**

- ◎ **Правила построения эпюр:**
 - 1. Разделим брус на участки.*
 - 2. Используя метод сечения, определим ВСФ из условия равновесия.*
 - 3. Выберем масштаб и отложим значения ВСФ от оси вверх или вниз.*
 - 4. Проверка правильности эпюры. Скачок на эпюре равен величине ВСФ приложенной в данной точке.*

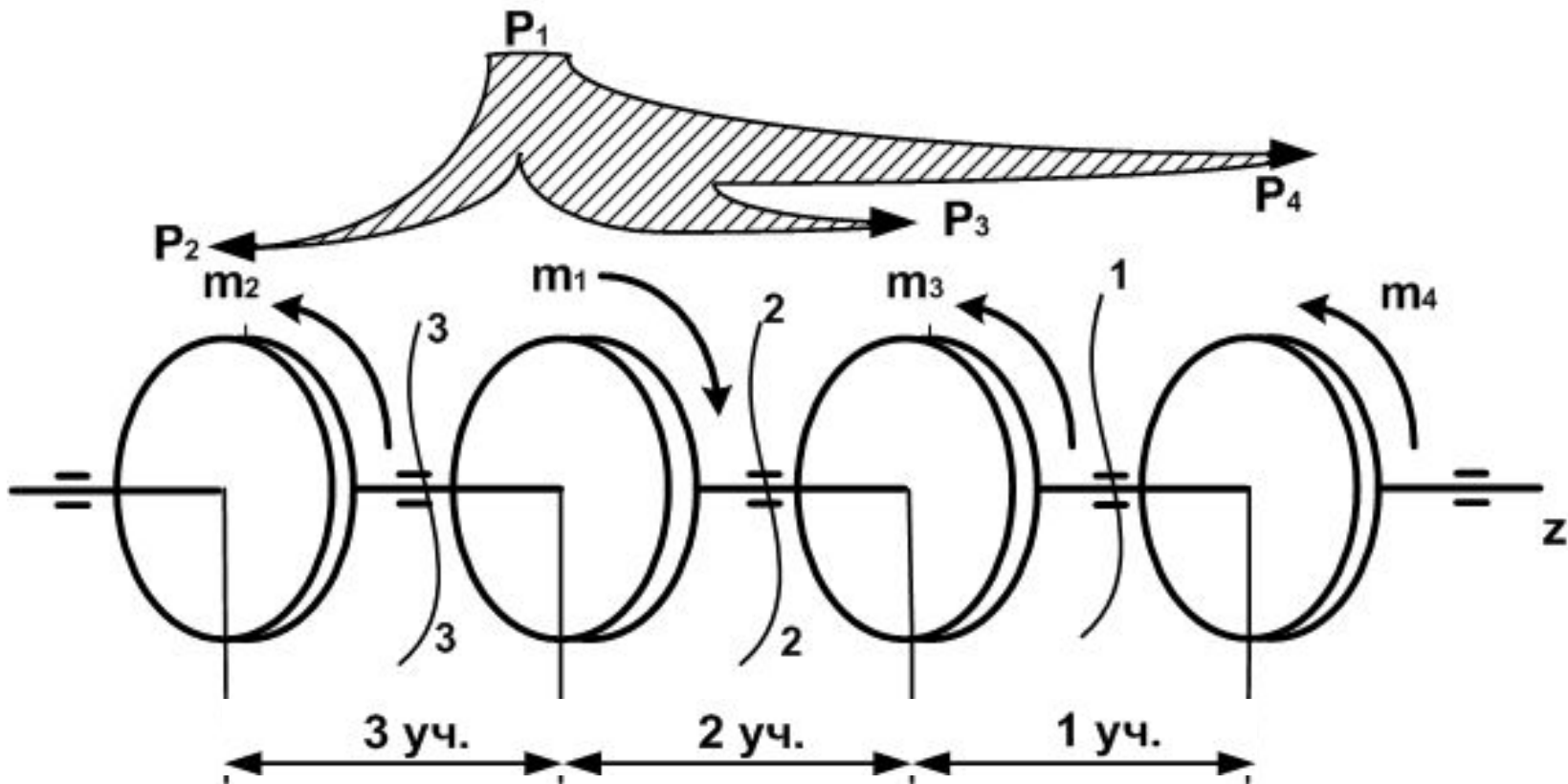
◎ *Пример.*

На распределительном валу установлены четыре шкива, на вал через шкив 1 подается мощность 12 кВт, которая через шкивы 2, 3, 4 передается потребителю; мощности распределяются следующим образом:

$$P_2 = 8 \text{ кВт}, \quad P_3 = 3 \text{ кВт}, \quad P_4 = 1 \text{ кВт},$$

вал вращается с постоянной скоростью

$\omega = 25 \text{ рад/с}$. Построить эпюру крутящих моментов на валу. Определите максимальный момент на валу.



Дано:

$$P_1 = 12 \text{ кВт},$$

$$P_2 = 8 \text{ кВт},$$

$$P_3 = 3 \text{ кВт},$$

$$P_4 = 1 \text{ кВт},$$

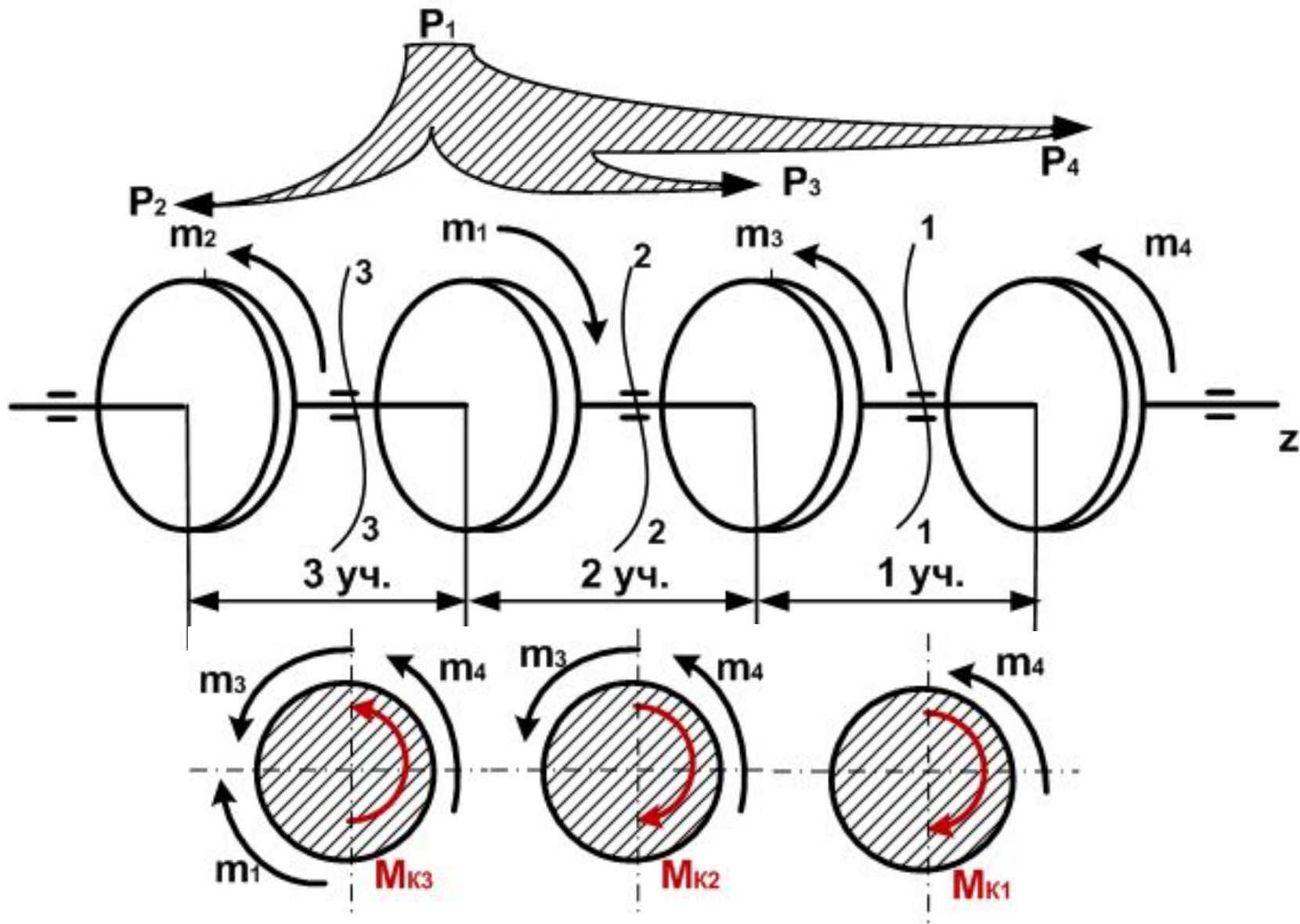
$$\omega = 25 \text{ рад/с.}$$

Найти:

$$M_{kmax} = ?$$

Решение:

1. Определим моменты на шкивах.
2. Определим количество участков.
Три участка нагружения.
3. Определим крутящиеся моменты используя метод сечений и условие равновесия.



Сечение 3-3:

$$M_{k3} = m_1 - m_4 - m_3;$$

$$M_{k3} = -40 - 120 + 480 = 320 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Сечение 2-2:

$$M_{k2} = -m_4 - m_3;$$

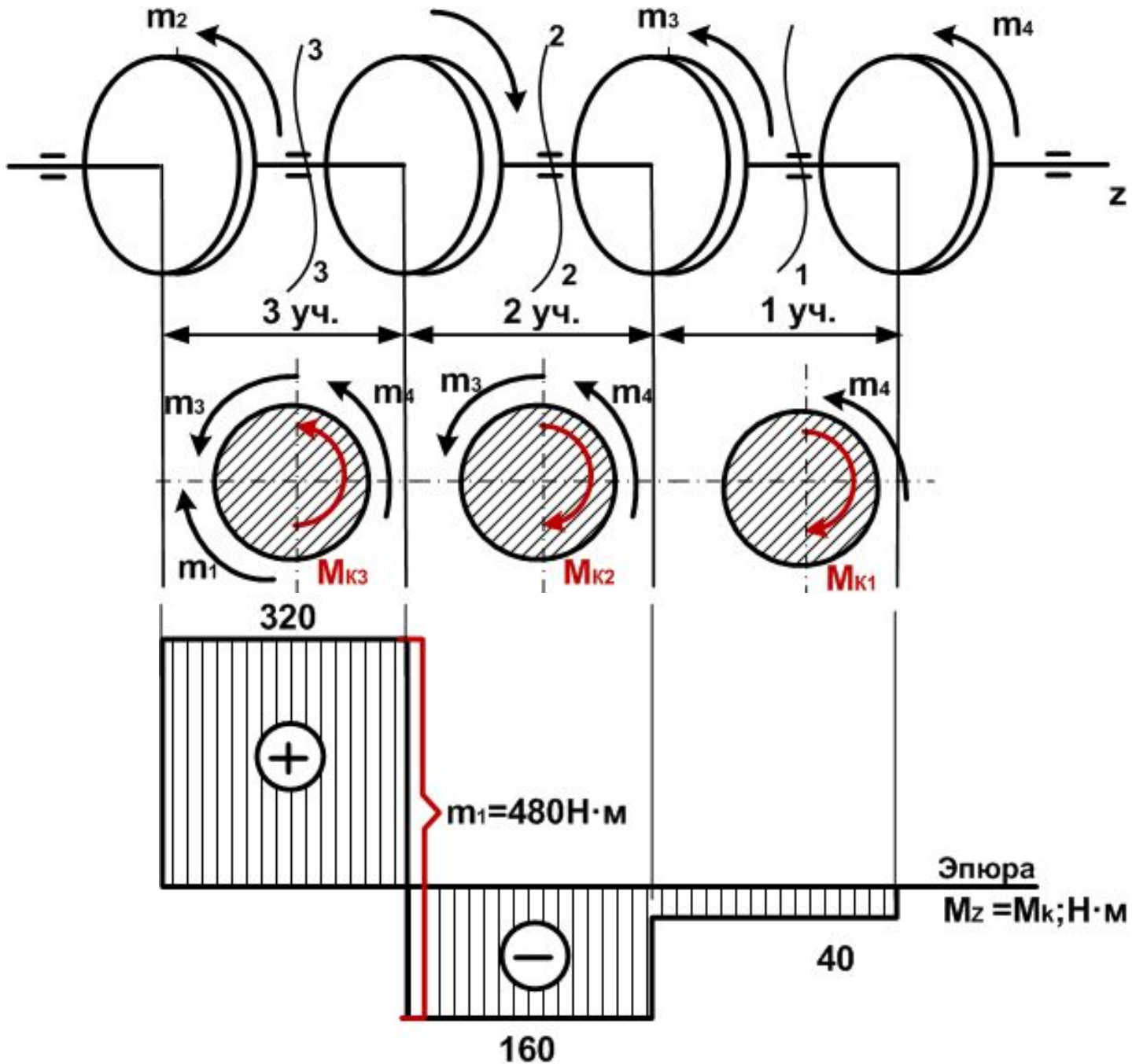
$$M_{k2} = -40 - 120 = -160 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Сечение 1-1:

$$M_{k1} = -m_4;$$

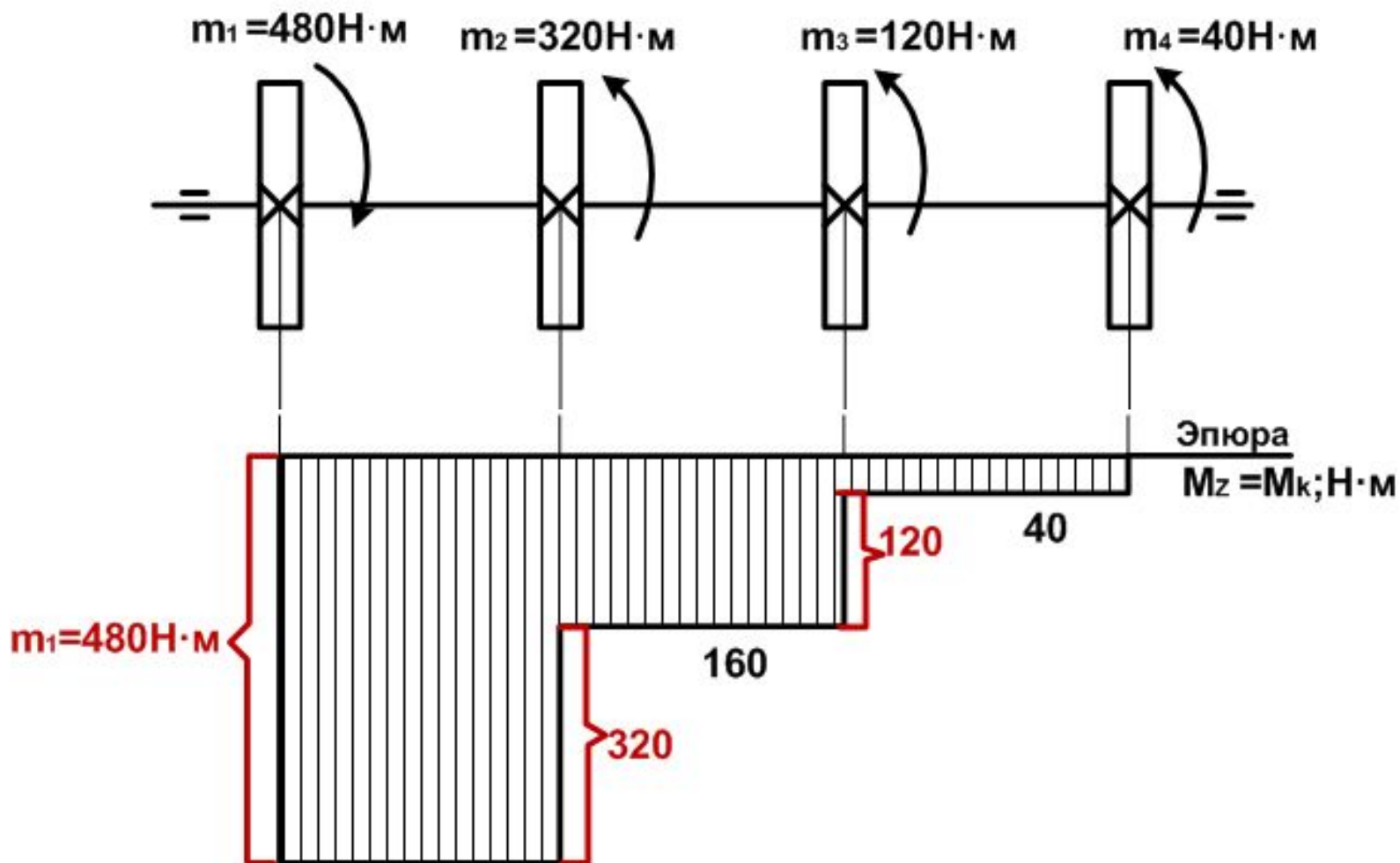
$$M_{k1} = -40 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

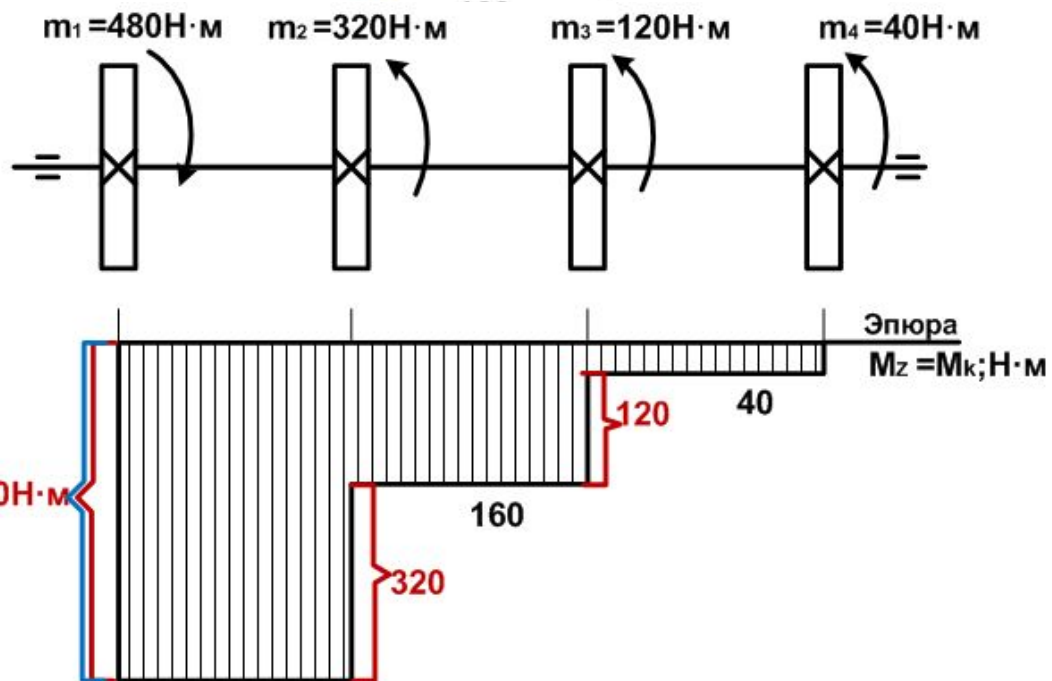
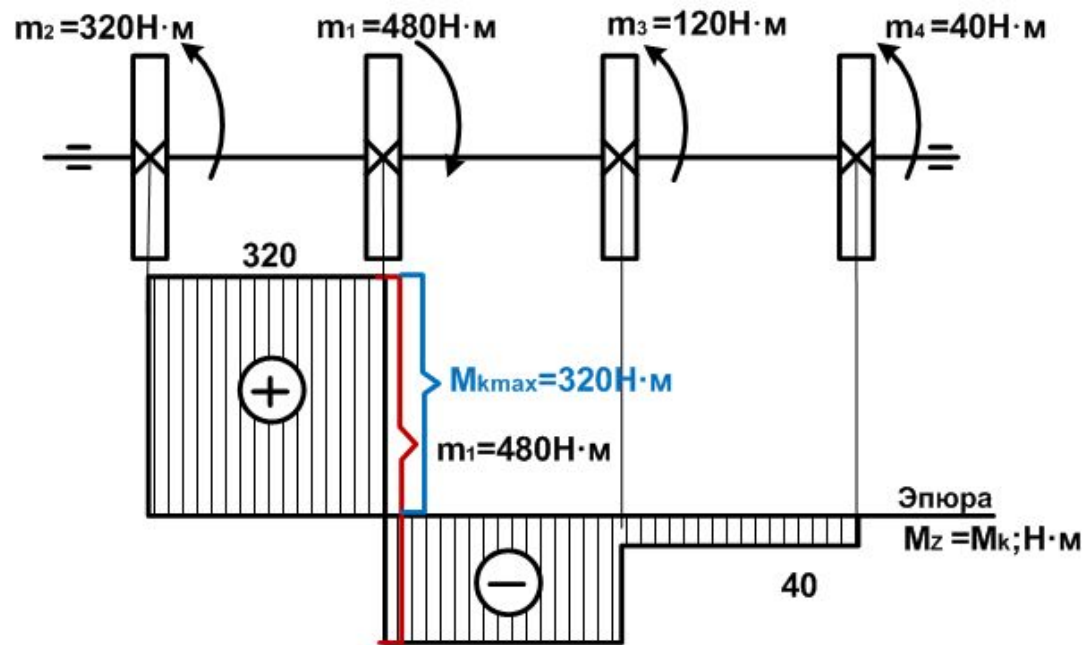
4. Построим эюру крутящих моментов, выбрав масштаб $M: 1\text{мм}-10\text{Н}$.



- ◎ Скачок на эпюре численно равен приложенному вращающему моменту.
- ◎ Ответ: максимальный крутящий момент на участке 3 величиной 320 Н·м.

Поменяем местами шкив 1 и шкив 2, построим эпюру





- ◎ ***Рациональным расположением шкивов на валу является такое, при котором крутящие моменты принимают минимальные из возможных значений.***
- ◎ **Меняя местами шкивы на валу, можно изменять величины крутящих моментов.**
- ◎ ***Вывод:* при установке шкивов желательно, чтобы мощность подавалась в середине вала и по возможности равномерно распределялась направо и налево.**

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

- Упражнение 21 стр.85 учебник М.С. Мовнин «Техническая механика».
- №1 Вал вращается равномерно, вращающий момент на ведущем шкиве $M_1=5\text{кНм}$. Определите величину и направление момента M_2 на ведомом шкиве. Постройте эпюру крутящих моментов (рис.6).

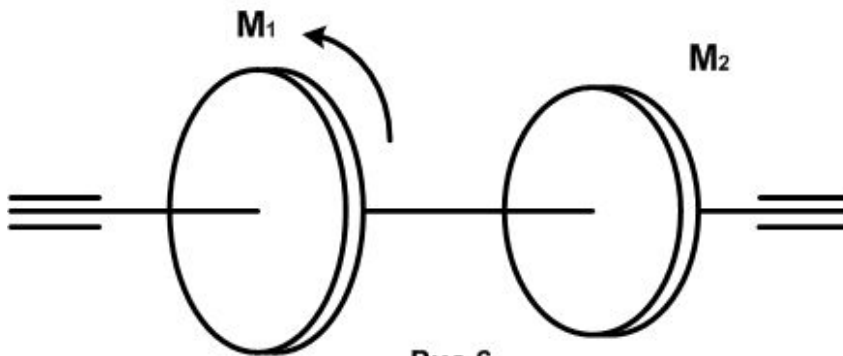


Рис.6

Ответ: *крутящий момент в сечениях между шкивами $M_k = 5\text{кНм}$.*

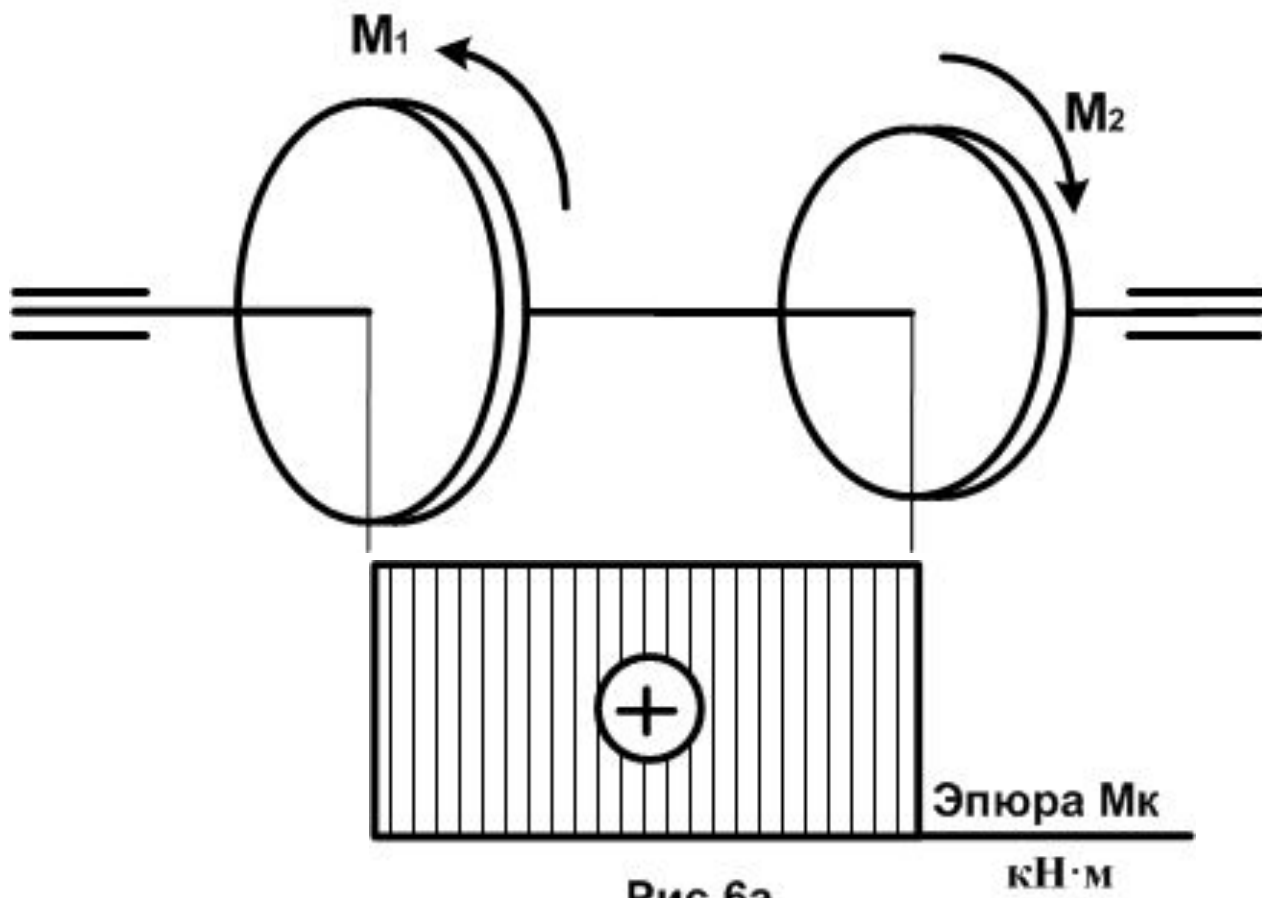
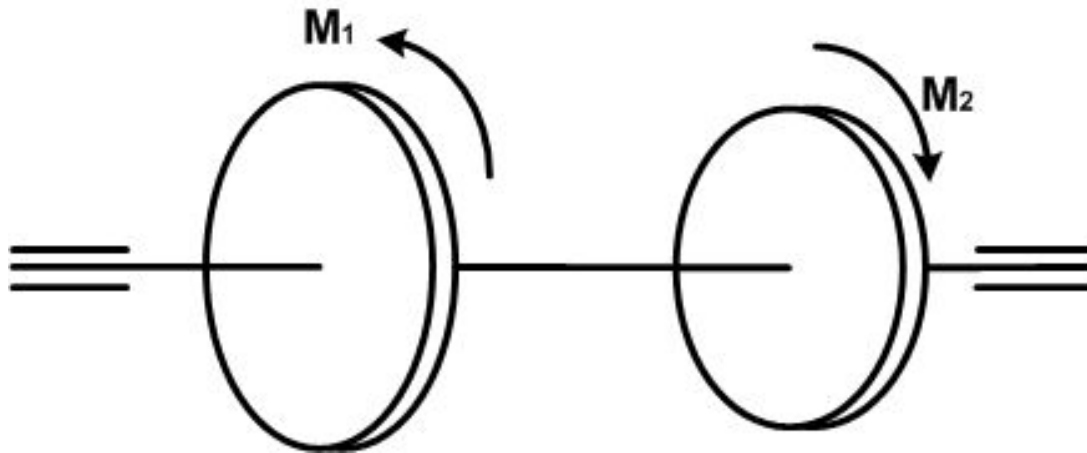


Рис.6а

- **№2** Укажите какие участки вала испытывают деформацию кручения?
- **Ответ: А. Все участки вала.**

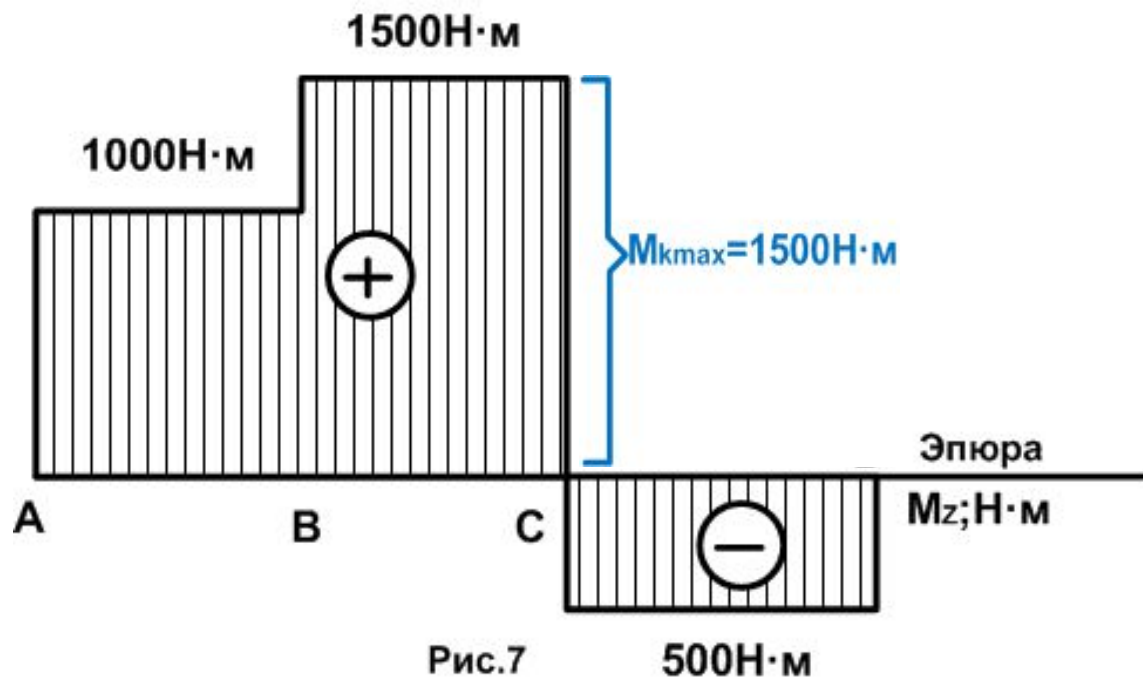
Б. Только участок между шкивами.



Ответ: *участок между шкивами.*

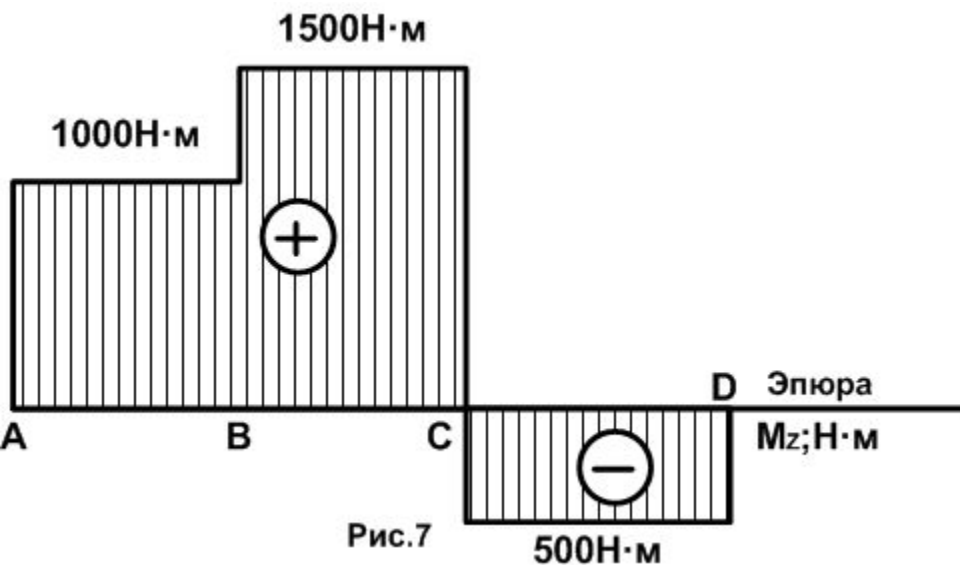
№3. На рис.7 показана эпюра крутящих моментов. Чему равна максимальная величина крутящегося момента, по которому нужно рассчитывать вал на прочность?

Ответ: А. 2000 Н·м; Б. 1500 Н·м



- ⊙ Ответ: *Вал рассчитывается на прочность по максимальному крутящему моменту, возникающему в поперечных сечениях вала.*

- **№4** На эпюре крутящих моментов отмечены точки А, В, С, Д, соответствующие сечениям вала, где установлены шкивы. Укажите, какая точка соответствует сечению где установлен ведущий шкив, и чему равен вращающий момент на этом шкиве? Рис.7

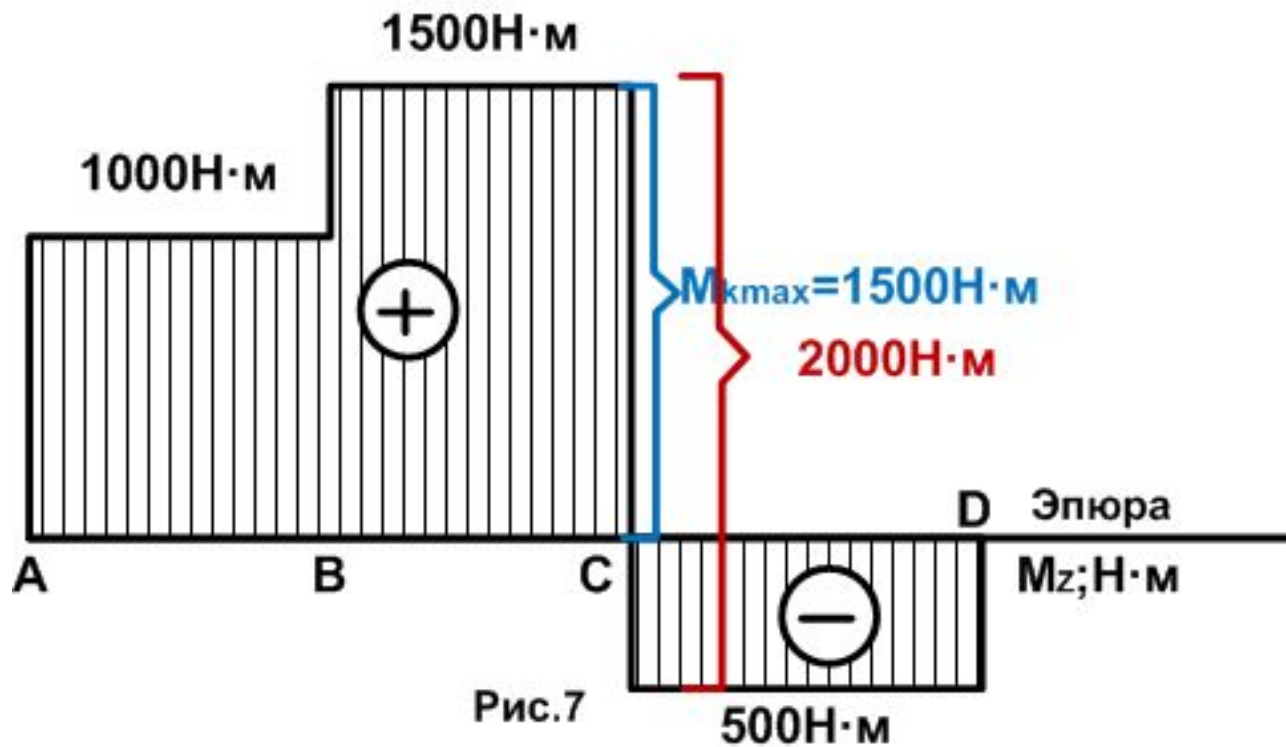


Ответ:

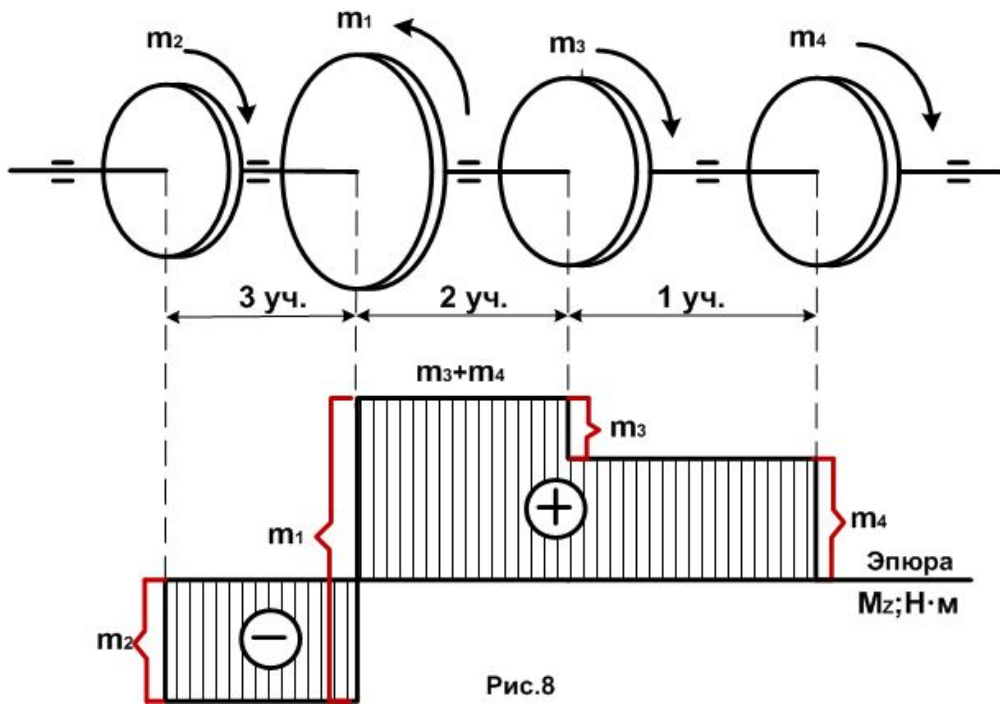
А. В сечении В;
максимальный вращающий
момент $M_{kmax} = 1500 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

Б. В сечении С;
 $M_{kmax} = 1500 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

В. В сечении С;
 $M_{kmax} = 2000 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

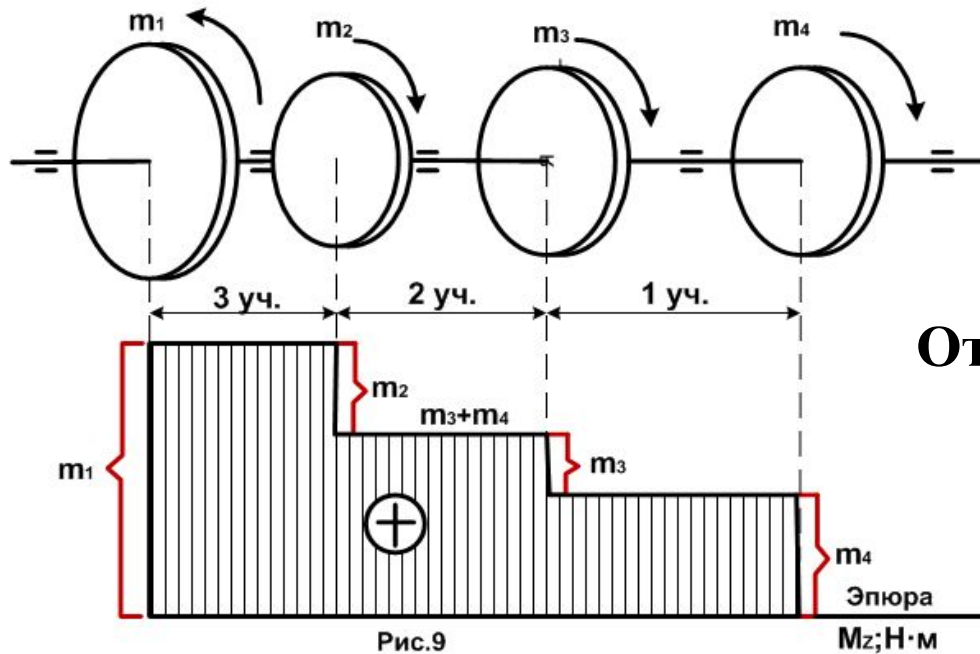


Ответ: *В сечении C; максимальный вращающий момент $2000 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Величина вращающего момента равна скачку на эпюре крутящих моментов.*



№5

Какое расположение ведущего шкива более рационально, по схеме рис.8 или рис.9



Ответ: *А. Расположение по схеме рис.8.*