**Пример расчета на растяжение сжатие**

Для ступенчатого стержня, например, круглого поперечного сечения, схема которого показана на рисунке 2.1, требуется: построить в выбранных масштабах эпюры внутренних усилий , нормальных напряжений  и осевых перемещений ; из условия прочности подобрать диаметры поперечных сечений стержня *D*1, *D*2, *D*3.

**Дано**:; *P*1 = 20 *кН*; *P*2 = 30 *кН*; *P*3 = 110 *кН*;  = 60 *МПа*;

 =120 *МПа*; *Е* = 2,2 105 *МПа*; *D*2/*D*1= 0,87; *D*3/*D*1= 0,76.

|  |
| --- |
|  |
| *Рисунок 2.1 –* Схема ступенчатого стержня |

**Решение:**

**1) Построение эпюры продольных сил**

Разбиваем стержень на участки, их границами являются поперечные сечения, в которых или приложены силы, или изменяется площадь поперечного сечения стержня. Таких участков имеется четыре (см. рисунок 2.1).

Определяем внутренние продольные усилия по участкам, используя метод сечений. Согласно этому методу, мысленно разрезаем стержень поперечным сечением внутри участка (см. рисунок 2.1), отбрасываем часть стержня с жёсткой заделкой, заменяем действие отброшенной части внутренней силой , которую прикладываем к оставшейся части, направляя в сторону от сечения (см. рисунок 2.2). Внутреннюю силу определяем из условия статического равновесия отсеченной части, по формуле

. (1)

В правой части формулы суммируются все внешние силы, действующие на отсеченную часть. При этом силы  берутся с плюсом, если они растягивают относительно проведенного сечения отсеченную часть стержня, и с минусом, если они сжимают отсеченную часть.

|  |
| --- |
|  |
| *Рисунок 2.2 –* Расчетная схема для первого участка |

Использование формулы (1), даёт возможность не рисовать для каждого участка отсеченную часть, чтобы рассмотреть ее статическое равновесие. В итоге усилия по участкам будут равны:

 *кН*;

 *кН*;

 *кН*;

 *кН*.

Знак минус у  означает, что усилие сжимающее (участки *I* – *III* сжаты), знак плюс – усилие растягивающее (участок *IV* растянут).

Строим эпюру . Для этого проводим базовую линию *0-0* и перпендикулярно ей в выбранном масштабе откладываем в виде ординат значения  на участках вверх положительные значения вниз отрицательные (см. рисунок 2.3 *а*).

|  |
| --- |
|  |
| *Рисунок 2.3 –* Построение эпюр продольных сил, нормальных  напряжений и абсолютных удлинений |

**2) Определение диаметров стержня**

Задачи сопротивления материалов на растяжение и сжатие решаются с помощью условий прочности

 ; (2,2)

 , (2.3)

где и  – нормальные напряжения растяжения и сжатия, *МПа*;

– и  – соответствующие им допускаемые напряжения *МПа*;

–  – нормальная внутренняя сила;

– *А* – площадьпоперечного сечения стержня.

Анализируя эпюру нормальных сил *N* по участкам и соответствующие им площади поперечных сечений (см. рисунок 2.3) устанавливаем, что опасные сечения находятся на участке *IV*, испытывающим растяжение и на участке *II*, работающим на сжатие. Используя правые части условий прочности (2.2) и (2.3) выполним проектный расчёт – определим диаметры поперечных сечений стержня на участках.

Рассматривается четвёртый участок:



*мм*;

*мм*;

*мм*.

Рассматривается третий участок:



*мм*;

*мм*;

*мм*.

Окончательно принимаются большие диаметры, полученные из расчёта прочности на сжатие третьего участка, которые округляются в большую сторону по ГОСТ 6636-69. В итоге имеем:

*мм*; *мм*; *мм*.

**3) Построение эпюры нормальных напряжений и определение размеров поперечного сечения по участкам**

Для построения эпюры нормальных напряжений определяем напряжения по формуле

 (2.4)

где – *А****i*** – площадь поперечного сечения на участке, *мм2*;

– *N****i*** – нормальная (внутренняя) сила на участке, *Н;*

– *i* – номер участка.

Имеем по участкам:

 *МПа*;

 *МПа*;

 *МПа*;

 *МПа*;

Эпюра нормальных напряжений представлена на рисунке 2.3 *б*.

**4) Построение эпюры абсолютных удлинений**

Далее определяем перемещения  сечений стержня. В пределах участков перемещения изменяются по линейному закону



где *xi* – координата сечения, перемещение которого определяется (она изменяется в пределах , *li* – длина участка). Следовательно, для построения эпюры  достаточно определить перемещения границ участков по формуле

 . (2.5)

Начинать следует с опоры (жёсткой заделки) стержня, поскольку её перемещение известно оно равно нулю. Перемещение правой границы четвертого участка равно удлинению этого участка

 *мм*;

Абсолютное перемещение правой границы третьего участка равно сумме перемещений четвертого и третьего участков

 *мм*;

Аналогично для второго и первого участков

 *мм*;

 *мм*;

Откладывая перпендикулярно базовой линии *0-0* эпюры значения абсолютных перемещений границ участков  и, соединяя их прямыми отрезками, строим эпюру  (см. рисунок 2.3, *в*).