

эпюр здесь и сейчас, далее будут чувствовать себя крайне не уверенно, а иногда и ущербными.

### 6. Две основные цели, преследуемые в сопротивлении материалов

В последующих главах мы последовательно рассмотрим все виды сопротивлений. Это рассмотрение будет преследовать две основные цели сопротивления материалов. **Первая цель** – построение теории, позволяющей определять, при каком уровне внешнего воздействия прочность рассматриваемой конструкции будет исчерпана или какими должны быть параметры конструкции, что бы обеспечить прочность ее при заданной нагрузке.

Эти формулировки предполагают разные задачи, возникающие в инженерной практике.

**Первая формулировка** исходит из того, что **конструкция уже существует** и ее необходимо приспособить под новые условия эксплуатации. Например, по мосту, построенному ранее, предполагают пропустить новую нагрузку, допустим, новый локомотив и состав вагонов, или, в ранее построенном здании, предполагается организовать новое производство, требующее установку другого оборудования, или в процессе эксплуатации изменились параметры расчетной схемы, например, из-за коррозии материала элементы конструкции «утоновились». Во всех этих случаях перед инженером встает задача **проверить**, будет ли **существующая конструкция** безопасной, с точки зрения ее прочности, при новых условиях эксплуатации.

**Вторая формулировка** предполагает, что заданы некоторые внешние параметры, такие как, величины внешних воздействий и величины перекрываемых пролетов, а инженеру требуется **определить** схему и геометрические характеристики элементов этой схемы, что бы обеспечить безопасную, с точки зрения прочности, эксплуатацию **проектируемой** конструкции.

Для решения **первой задачи** сопротивления материалов, как в случае проверки, так и в случае проектирования, можно использовать следующий прием, который принято называть методом допустимых напряжений. Этот прием состоит в том, что теоретически определяют напряжения, возникающие в поперечных сечениях элементов конструкции, от заданных внешних воздействий, после чего, находят среди них самое большое и сравнивают его величину с некоторым, заранее известным, предельным, для применяемого материала, значением напряжения, определенным экспериментальным путем.

Таким образом, первая цель сопротивления материалов состоит в построении теории определения напряжений, возникающих в точках конструкции, от внешних воздействий.

**Вторая цель** – построение теории, позволяющей определить уровень внешних воздействий, при котором перемещения точек конструкции будут находиться в пределах, обеспечивающих комфортную эксплуатацию конструкции или найти характеристики конструкции, при которых перемещения точек конструкции не выходили

бы за некоторые изначально заданные величины, при определенном уровне внешнего воздействия.

Как и в первом случае, здесь рассматриваются две формулировки одной и той же задачи. Одна из формулировок используется при обследовании существующей конструкции, вторая, справедлива при проектировании новой.

Если **первая цель** – обеспечение прочности конструкции, то вторая – обеспечение ее **жесткости**. Чтобы понять, что вторая цель столь же важна для инженерной практики, как и первая, достаточно рассмотреть, например, такую конструкцию, как зеркало телескопа рефлектора. На Рис.6- 1 представлена фотография конструкции зеркала телескопа ***Southern African Large Telescope (SALT)***

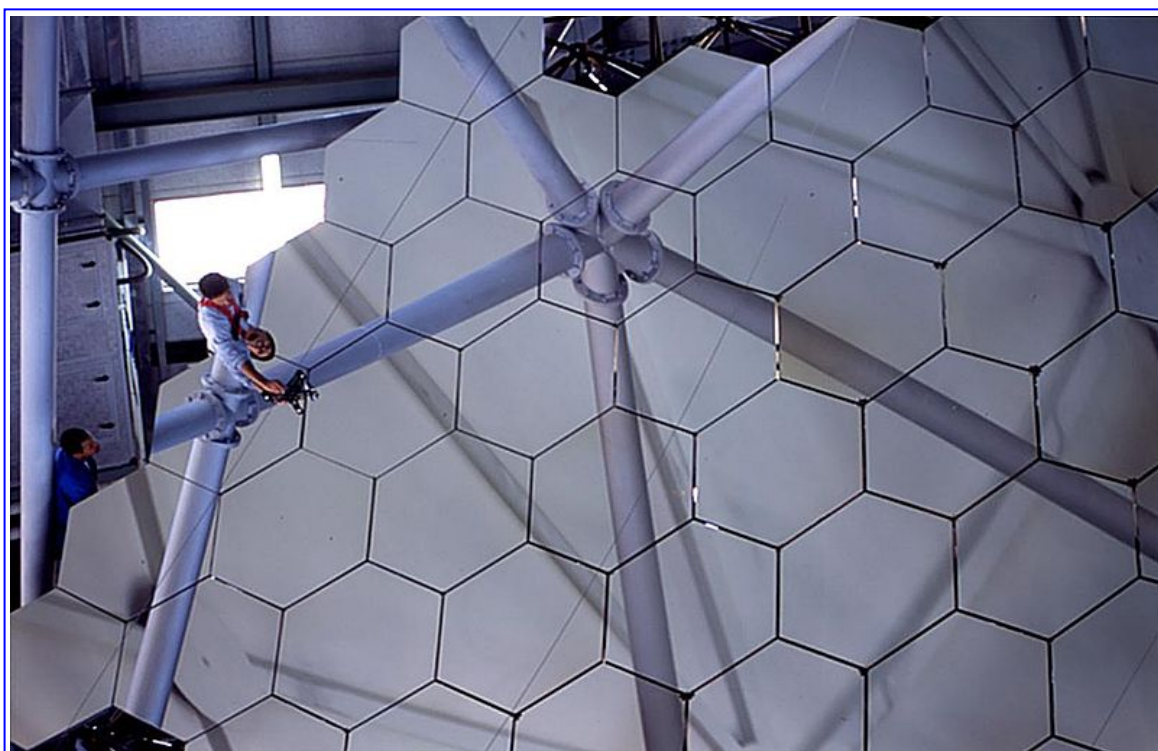


Рис.6- 1

Качество изображения в этом зеркале определяет точность измерений, которые можно осуществлять на нем. Понятно, что основное воздействие на эту конструкцию оказывает ее собственный вес. Ясно, так же, что параметры этого воздействия определяется ориентацией зеркала и изменяется в зависимости от угла наклона его к горизонту. Таким образом, при проектировании этого телескопа необходимо было обеспечить в первую очередь жесткость конструкции, с тем, чтобы максимально уменьшить влияние положения зеркала на его геометрию. Если конструкция зеркала оказалась бы слишком деформативной, то при каждом ее новом положении астрономы имели бы фактически новое зеркало с новой геометрией, что сделало бы «некомфортной» эксплуатацию этого прибора. На Рис.6- 1 хорошо видно, сколь мощными являются элементы конструкции, поддерживающей зеркало, которые отражаются в нем.

Таким образом, вторая цель сопротивления материалов состоит в построении теории определения перемещений, точек конструкции, от внешних воздействий.

Поскольку перемещения эти происходят из-за деформаций элементов конструкции, вторую цель сопротивления материалов можно переформулировать в построение теории определения деформаций, возникающих в точках конструкции, и нахождения перемещений этих точек, связанных с деформациями.

Таким образом, целями сопротивления материалов являются теории определения напряжений и деформаций, возникающих в точках стержней от внешних воздействий. Если отнести эти цели на построенную выше расчетную схему стержня, используемую в сопротивлении материалов, то следует говорить о напряжениях и деформациях, возникающих в точках поперечных сечений стержня и перемещениях точек его продольной оси.

Как можно попытаться решить такую задачу? Интуиция подсказывает такой путь. Для нагруженной конструкции определить деформации и используя закон Гука (Ф.1- 5), вычислить напряжения. Определить деформации это значит **измерить** взаимные перемещения соседних точек, расположенных очень близко друг к другу и поделить найденные величины на расстояние между точками в исходном, недеформированном положении. Именно это следует из определения, данного для линейной деформации в разделе «Сопротивление» (Ф.1- 2). Однако, этот интуитивно-ясный путь указывает на экспериментальный, а не на теоретический подход. «ИЗМЕРИТЬ», лежащее в основе его предполагает, что конструкция уже существует, поэтому, если для задачи «обследования» это еще как-то приемлемо, то для задачи проектирования абсолютно не годится.

Поэтому, для построения теоретического метода решения задачи сопротивления материалов, необходимо вместо «ИЗМЕРИТЬ» использовать путь, который бы базировался на «ВЫЧИСЛИТЬ». В этом смысле выходит на первый план обратный подход. В предыдущей главе мы научились, по крайней мере, для статически определимых систем, **вычислять** внутренние силовые факторы, возникающие в системе от заданных нагрузок. Эти внутренние силовые факторы являются, по определению, равнодействующими напряжений, возникающих в поперечных сечениях стержней от внешних воздействий. Если бы удалось, зная величины внутренних силовых факторов, определить напряжения, действующие в точках поперечного сечения, то, используя закон Гука, мы сразу же **вычислили** значения деформаций и теории были бы построены. Однако трудности возникают при попытке найти «распределение» напряжений в поперечном сечении стержня исходя только из величины внутренних силовых факторов. Трудности объясняется неоднозначность этой задачи. Действительно, обратная задача, вычисления, например, продольной силы, как «суммы» проекций напряжений, действующих в каждой точке поперечного сечения, на продольную ось стержня, однозначна. А, наоборот, «распределить» напряжения по поперечному сечению так, что бы «сумма» их равнялась продольной силе можно бесконечно большим числом способов. Сказанное проясняет Рис.6- 2. Действительно, если в поперечном сечении

действует продольная сила  $N$ , то распределение напряжений может быть тривиальным, когда во всех точках поперечного сечения действуют одинаковые напряжения такие, что

$$N = \int_A \sigma dA = \sigma A \text{ или } \sigma = \frac{N}{A}.$$

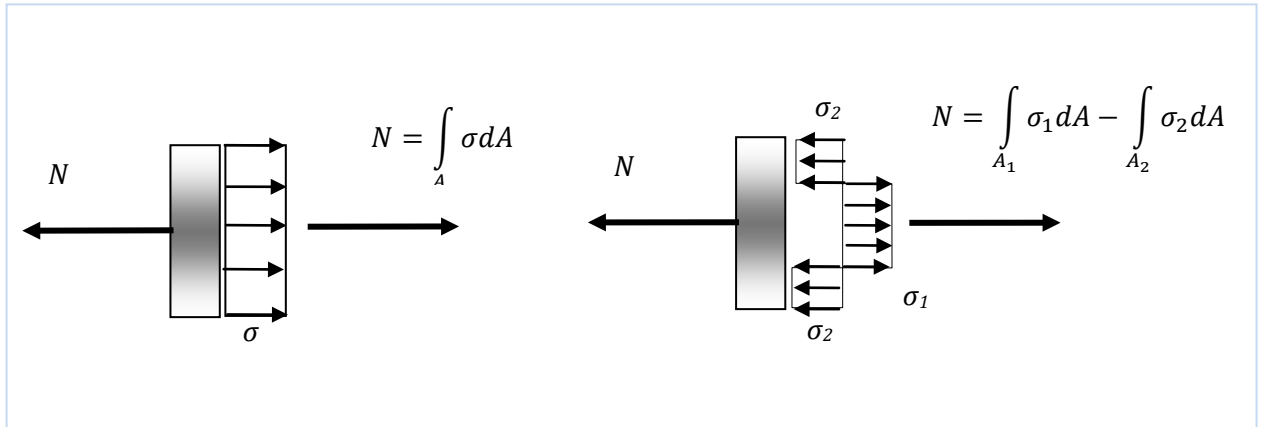


Рис.6-2

С другой стороны можно представить и такое распределение, когда в некоторой области поперечного сечения площадью  $A_1$  действуют растягивающие напряжения  $\sigma_1$ , а на оставшейся части, площадью  $A_2$ , - сжимающие, величиной  $\sigma_2$ . Ясно, что все распределения, для которых справедливо равенство

$$\sigma_1 A_1 - \sigma_2 A_2 = \sigma A; \quad \sigma_1 k_1 - \sigma_2 k_2 = \sigma, \text{ где } k_i = \frac{A_i}{A} \leq 1 \text{ и } k_1 + k_2 = 1$$

будут подходящими. Например, если принять

$$\sigma_1 = m\sigma; \quad \sigma_2 = n\sigma, \quad m > 0 \text{ и } n > 0, \text{ то}$$

$$\sigma(mk_1 - nk_2) = \sigma \text{ или } mk_1 - nk_2 = 1 \text{ с учетом того, что } k_1 + k_2 = 1 \text{ получим}$$

$$mk_1 - n(1 - k_1) = 1 \text{ окончательно}$$

$$k_1 = \frac{1+n}{m+n}, \text{ и } k_1 \leq 1 \text{ или } 1+n \leq n+m \text{ или } m \geq 1$$

Этому условию будет удовлетворять бесконечное множество распределений, например,

$$m = n = 1 \rightarrow k_1 = 1; \quad k_2 = 0;$$

$$m = 2; \quad n = 1 \rightarrow k_1 = \frac{2}{3}; \quad k_2 = \frac{1}{3};$$

$$m = 1,5; \quad n = 1 \rightarrow k_1 = \frac{2}{2,5} = 0,8; \quad k_2 = 0,2; \text{ и т. д.}$$

Для того, чтобы придать задаче о распределении напряжений определенность, в сопротивлении материалов принято вводить в рассмотрение некоторые гипотезы, полученные, например, из экспериментов.

Эти гипотезы оказываются очень простыми и наглядными, если их вводить отдельно, для каждого вида сопротивления.

Таким образом, задача об определении напряжений и деформаций, в сопротивлении материалов, решается по схеме, представленной на Рис.6- 3:

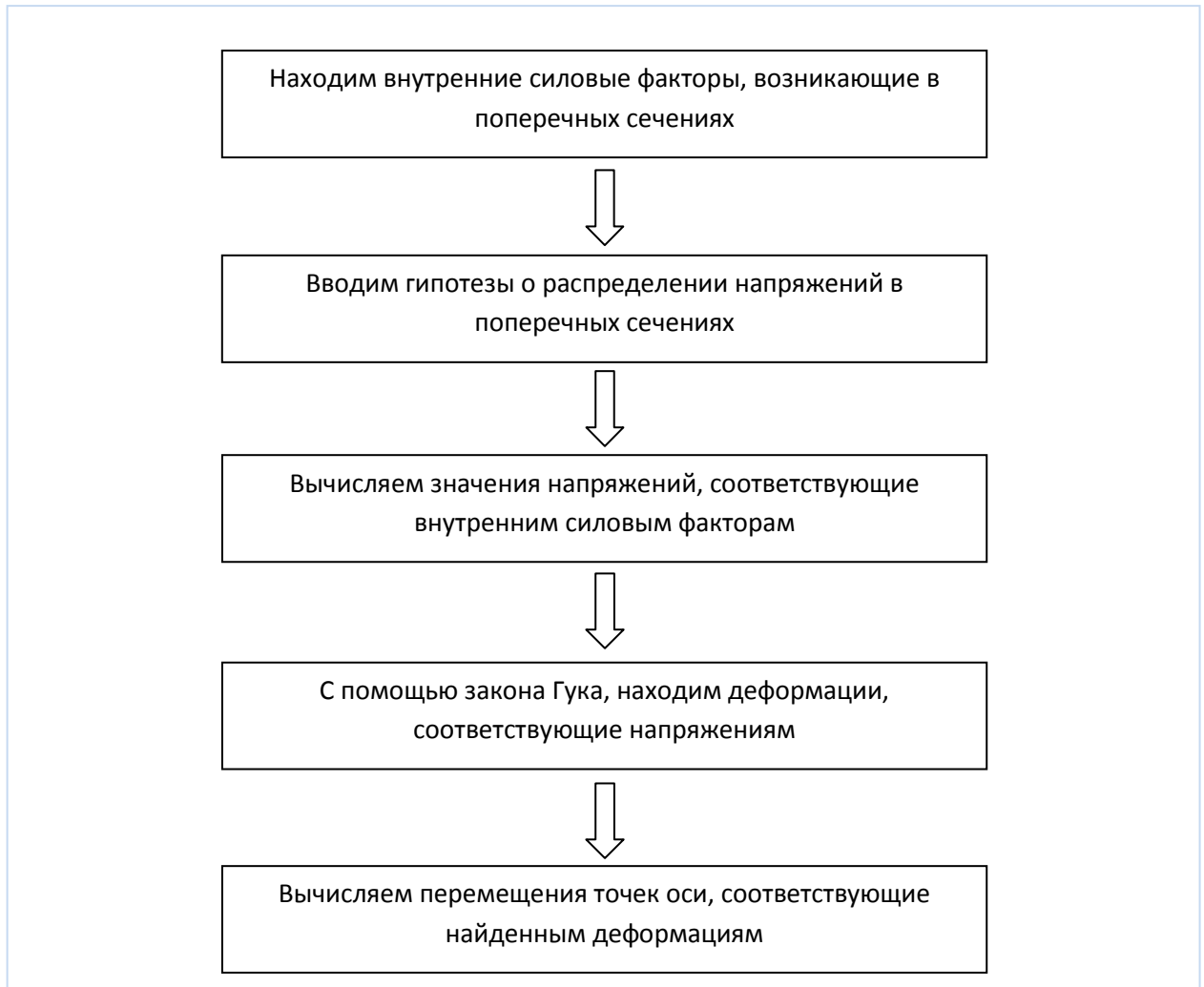


Рис.6- 3

Придем к рассмотрению отдельных видов сопротивления.

## 7.Растяжение-сжатие

### *Напряжения и деформации при растяжении-сжатии. Гипотеза плоских сечений*

Как нам уже известно, этот вид сопротивления определяется тем, что во всех поперечных сечениях стержня возникает только один внутренний силовой фактор, а именно, продольная сила.

Чтобы вывести формулу, для определения напряжений в точках поперечного сечения, возникающих при растяжении-сжатии, как говорилось выше, потребуется построить гипотезу об их распределении.