

3 ОСНОВЫ РАСЧЕТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

- ▶ Цель и назначение расчета конструкций - проверка прочности, устойчивости и жесткости предварительно намеченной конструктивной схемы сооружения, позволяющая уточнить размеры и обеспечить надежность сооружения при наименьших затратах металла. Расчет сооружений и их конструктивных элементов производится на основе методов сопротивления материалов и строительной механики. Основной целью этих методов является определение внутренних усилий, которые возникают в конструкциях под действием приложенных нагрузок.
- ▶ Расчет начинают с составления расчетной схемы сооружения, временно отвлекаясь от действительной формы сечения элементов. Опорные закрепления элементов наделяют, при этом некоторыми теоретическими свойствами (шарнирные опоры, опоры с упругими и жесткими защемлениями и т. п.). Определив по принятой расчетной схеме усилия в элементах, производят подбор сечений, проверяют несущую способность и конструируют закрепления так, чтобы удовлетворить поставленным задачам. Иногда бывают необходимы более точные методы определения напряжений с учетом развития пластических деформаций. Однако математическая сложность этих методов вынуждает часто применять в формулах ряд коэффициентов, значения которых приводятся в таблицах. Согласно СНиП II-23-81*, строительные конструкции рассчитывают на силовые другие воздействия по предельным состояниям.
- ▶ За предельное состояние принимается такое состояние конструкции, при котором она перестает удовлетворять предъявленным к ней эксплуатационным требованиям, т.е. либо теряет способность сопротивляться внешним воздействиям, либо получает недопустимую деформацию или местное повреждение.

3.1 Группы предельных состояний

- ▶ **Первая группа** - по исчерпанию несущей способности (прочности, устойчивости или выносливости).
- ▶ **Вторая группа** - по пригодности к нормальной эксплуатации в соответствии с заданными технологическими или бытовыми условиями.
- ▶ Ко второй группе предельных состояний относятся состояния затрудняющие нормальную эксплуатацию или снижающие долговечность в следствии появления недопустимых перемещений колебаний и др. Расчет конструкций по предельным состояниям направлен на предотвращение наступления любого из предельных состояний при возведении сооружения в течение всего срока службы. **Граничное условие первой группы предельных состояний:**

$$N_{\max} \leq N_{\text{max}},$$

- ▶ где N_{\max} - наибольшее расчетное усилие в элементе конструкций от суммы расчетных нагрузок наиболее не выгодной комбинации;
- ▶ N_{max} - предельное усилие, которое может воспринять рассчитываемый элемент (зависит от материала и размеров элемента).
- ▶ **Граничное условие второй группы предельных состояний :**

$$f \leq f_u,$$

- ▶ где f - деформация или перемещение конструкции (зависит от нагрузок, материала и системы конструкций);
- ▶ f_u - предельных деформация или перемещение

3.2 Нагрузки, действующие на сооружение

- ▶ В процессе эксплуатации конструкция подвергается воздействию различных нагрузок (собственная масса, технологические нагрузки), а также атмосферном воздействии и др. Нагрузки, отвечающие условиям нормальной эксплуатации, называются нормативными F_n . Нормативные нагрузки устанавливаются СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия».
- ▶ В процессе работы конструкции возможны некоторые превышения нормативных нагрузок из за случайных отступлений от условий нормальной эксплуатации. Наибольшая возможная нагрузка, которая может случайно появиться за время существования конструкции, называется расчетной F . Целостность конструкции должна быть обеспечена на всем протяжении ее работы, поэтому расчет конструкции по несущей способности производится на расчетные нагрузки. Расчетную нагрузку определяют как произведение нормативной нагрузки на коэффициент надежности по нагрузке.

$$F = \gamma_f \cdot F_n; \quad q = q_n \cdot \gamma_f$$

- ▶ Коэффициенты надежности по нагрузкам для различных нагрузок изучают статическими методами, они приведены в СНиП. В зависимости от продолжительности воздействия на конструкцию нагрузки делят на **постоянные** и **временные**. Временные нагрузки подразделяют на **длительные**, **кратковременные** и **особые**.

- ▶ Постоянными нагрузками называют такие, которые действуют на конструкцию постоянно: собственная масса строительных конструкций, давления грунта, воздействие предварительного напряжения конструкций и т. п.
- ▶ **Длительными нагрузками** называют такие, которые воздействуют на конструкцию продолжительное время (но могут и отсутствовать): масса технологического оборудования, давление жидкостей и газов в резервуарах и трубопроводах масса складированных грузов и т.д.
- ▶ **Кратковременными нагрузками** называют нагрузки, действующие непродолжительное время: снег, ветер, подвижные краны, нагрузки возникающие при перевозке и монтаже, ремонтах и испытаниях конструкций, температурные климатические воздействия и т.д.
- ▶ **Особые нагрузки** - это нагрузки, которые могут появиться в исключительных случаях: сейсмические воздействия, аварийные нарушения технологического процесса, резкие просадки грунтов. На конструкцию или сооружение может воздействовать одновременно несколько нагрузок. Чем большее число временных нагрузок воздействует на конструкцию, тем меньше вероятность совпадения их наибольших значений, а конструкция, рассчитанная на простую суммарную комбинацию всех нагрузок, будет иметь излишний запас прочности. Поэтому конструкции рассчитывают на **расчетные сочетания нагрузок**.

- ▶ СНиП 2.01.07 - 85 установлены два расчетных сочетания нагрузок:
 - Основные сочетания, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных нагрузок;
 - Особые сочетания, состоящие из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок.
- ▶ Если в основное сочетание входят две (или более) кратковременные нагрузки, то расчетные значения этих кратковременных нагрузок умножают на коэффициент сочетания $\eta_c=0,9$ (если в сочетании нагрузок участвует только одна кратковременная нагрузка, значение ее суммируют с постоянной и длительными нагрузками без снижения, т. е. $\eta_c=1$)
- ▶ При составлении особых сочетаний нагрузок расчетные значения суммарных кратковременных нагрузок умножают на коэффициент сочетания при этом особая нагрузка должна приниматься без снижения, т. е. $\eta_c=1$.

3.3 Предельное сопротивление материала

- ▶ За нормативное сопротивление R_{yn} материала, отвечающее моменту потери несущей способности, в металлических конструкциях принимается преимущественно предел текучести. В случаях когда по характеру работы конструкции допустимо развитие существенных деформаций и несущая способность конструкции определяется только прочностью или когда нет выраженной площадки текучести, а условный предел текучести близко подходит к временному сопротивлению, за нормативное сопротивление R_{un} принимается временное сопротивление.
- ▶ Максимальная возможная величина сопротивления за время эксплуатации конструкции называется **расчетным сопротивлением R_y (R_u)**. Расчетное сопротивление получают при делении нормативного сопротивления на коэффициент надежности по материалу

$$\gamma_m > 1; R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}; R_u = \frac{R_{un}}{\gamma_m}.$$

- ▶ **Коэффициент надежности по материалу** учитывает изменчивость механических свойств металла. Нормативное значение механических характеристик является браковочным минимумом и имеет обеспеченность не менее 0,95. Однако контроль качества металла проводится выборочным методом, поэтому не исключена возможность попадания в конструкцию металла с пониженными по сравнению с нормативными значениями характеристиками кроме этого, коэффициент надежности по материалу учитывает не полное соответствие работы материала в образце при испытании в реальной конструкции а также минусовые допуски при прокатке. Численные значения коэффициентов надежности по материалу приняты для различных марок стали от 1,025 до 1,15.
- ▶ Условия работы различных конструкций и степень их ответственности отличаются большим разнообразием это обстоятельство в методике расчета по предельным состояниям учитывается **коэффициентом условий работы** .
- ▶ Коэффициент условий работы учитывает влияние конкретных условий работы данной конструкции (элемента, соединения) на ее несущую способность или деформативность (например, влияние температуры, агрессивной среды, многократность силовых воздействий, приближенность расчетной схемы и т.д.). Для большинства конструкций коэффициент условий работы =1, значения коэффициентов условий работы приведены в СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования». Степень ответственности и капитальности зданий и сооружений, а также значимости тех или иных предельных состояний в необходимых случаях учитывают **коэффициентом надежности по назначению** . Для подавляющего большинства конструкций . Значения расчетных сопротивлений для строительных сталей приведены в СНиП II-23-81* «Стальные конструкции. Нормы проектирования»

3.4 Расчет конструкций по предельным состояниям и сопоставление его с расчетом по допускаемым напряжениям

- ▶ При расчете конструкций по допускаемым напряжениям условия прочности конструкции заключается в том, что напряжение в элементе конструкции от нагрузок нормальной эксплуатации (нормативных нагрузок) не должно превышать допускаемого напряжения $[\sigma]$. Допускаемое напряжение устанавливается нормами проектирования как предельное сопротивление материалов деленное на некоторый единый коэффициент запаса

$$[\sigma] = \frac{R_{un}}{\xi}$$

- ▶ В новой методике расчета единый коэффициент запаса заменен сочетанием четырех коэффициентов $\gamma_f, \gamma_n, \gamma_m, \gamma_c$, отдельно учитывающих влияние нагрузки, сопротивления материала, надежность конструкции и условия работы, благодаря чему общий коэффициент запаса получается различным для различных конструкций, более точно отражающим предельное состояние конструкции.