

Расчет железобетонных
конструкций по
пределельным состояниям.



Под предельным понимают такое состояние конструкции, после достижения которого дальнейшая эксплуатация становится невозможной вследствие:

- потери способности сопротивляться внешним нагрузкам
или
- получения недопустимых перемещений или местных повреждений.

В соответствии с этим установлены **две группы предельных состояний**:

- **первая (ПС1)** - по несущей способности и пригодности к эксплуатации;
- **вторая (ПС2)** - по пригодности к нормальной эксплуатации.



Основная идея метода расчета по ПС заключается в обеспечении условия, чтобы даже в тех редких случаях, когда

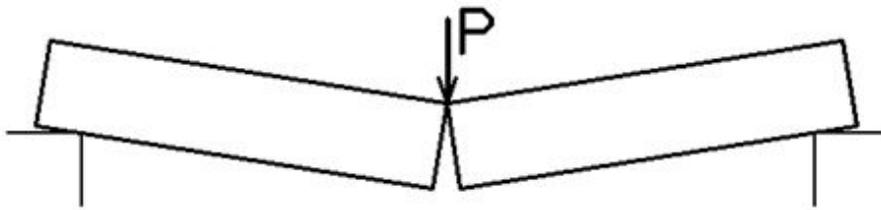
- на конструкцию действуют максимально возможные нагрузки,
- прочность бетона и арматуры минимальна,
- условия эксплуатации наиболее неблагоприятны, конструкция не разрушилась и не получила бы недопустимых прогибов или трещин

При расчете по ПС удастся получать более экономичные решения, чем при расчете по ранее применявшимся методам.

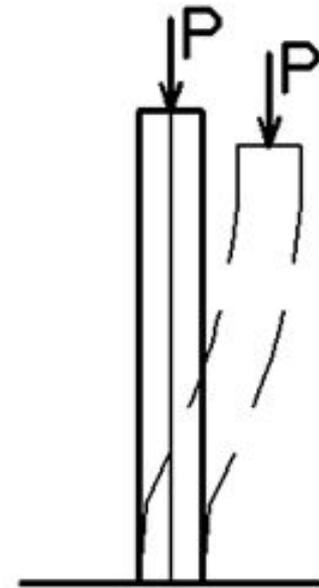


Расчет по ПС1 выполняется с целью предотвращения:

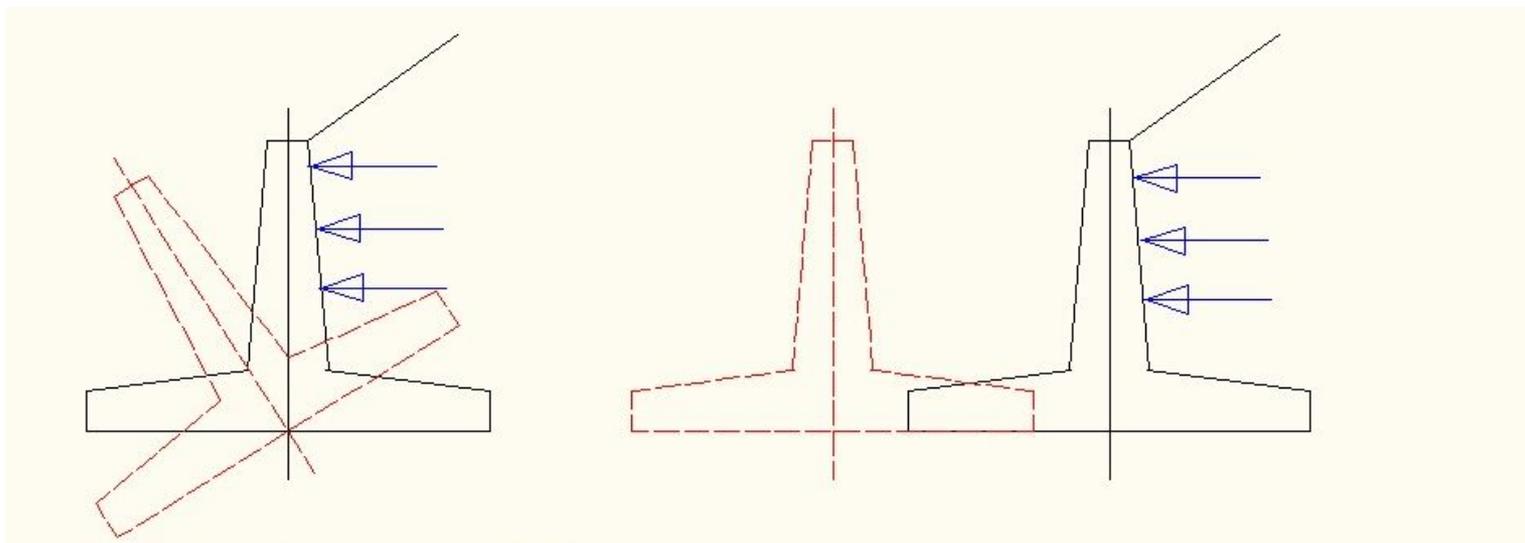
- разрушения (расчет по прочности);



- потери устойчивости формы (расчет на продольный изгиб);



- потери устойчивости положения (расчет на опрокидывание или скольжение);

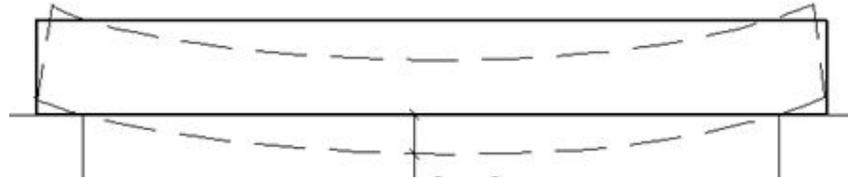


- усталостного разрушения (расчет на выносливость).

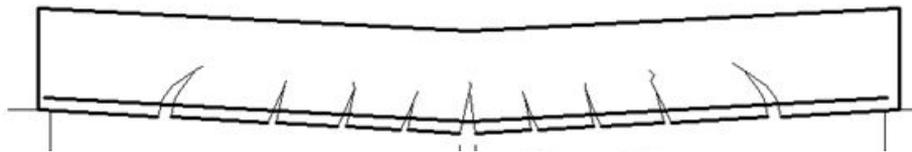


Расчет по ПС2 имеет цель не допустить:

- развитие чрезмерных деформаций (прогибов);



- исключить возможность образования трещин в бетоне (если не допускается образование трещины);
- ограничить ширину раскрытия трещин;



- в необходимых случаях проверку закрытия трещин после снятия части нагрузки.



Расчет по ПС1 является **основным** и используется при подборе сечений.

Расчет по ПС2 является **вспомогательным**, производится для тех конструкций, которые, будучи прочными, теряют пригодность по отдельным критериям, предъявляемым требованиями к нормальной эксплуатации (например, повреждения ненесущих конструкций, затруднение эксплуатации, негативное воздействие на людей)



Основные положения расчета



При расчете по **ПС1** должно выполняться условие:

$$F \leq F_u;$$

F - усилие в элементе от расчетных нагрузок;

F_u – предельное усилие, воспринимаемое сечением.

$$F = P_j \cdot N_j \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot \psi_i$$

$$F_u = f(R_{bn}, R_{sn}, A_b, A_s, \gamma_b, \gamma_s, \gamma_{bi}, \gamma_{si})$$

P_j – величина j -й нагрузки; N_j - усилие от единичного значения j -й нагрузки;

R_{bn}, R_{sn} – нормативные сопротивления, соответственно бетона и арматуры;

A_b, A_s - площади сечения, соответственно, бетона и арматуры;

$\gamma_f, \gamma_n, \psi_i, \gamma_b, \gamma_s, \gamma_{bi}, \gamma_{si}$ – коэффициенты метода предельных состояний.



Нагрузки, действующие на конструкцию, и **прочностные характеристики материалов**, из которых конструкция изготовлена, обладают *изменчивостью* и могут отличаться от средних значений.

Поэтому для обеспечения того, чтобы за время нормальной эксплуатации сооружения не наступило ни одного из предельных состояний, вводится **система расчетных коэффициентов**, учитывающих возможные отклонения (в неблагоприятную сторону) различных (факторов, влияющих на надежную работу конструкции:



Коэффициенты учитывают:

- **надежности по нагрузке γ_f** - изменчивость нагрузок или воздействий;
- **надежности по материалу** бетону γ_b и арматуре γ_s , - попадание материалов с прочностью ниже нормативной;
- **надежности по назначению** конструкции γ_n , - степень ответственности и капитальности зданий и сооружений;
- **условий работы γ_{bi} и γ_{si}** , некоторые особенности условий работы материалов и конструкций в целом, которые не могут быть отражены в расчетах прямым путем;
- **сочетаний нагрузок ψ_i** - малую вероятность одновременного действия наибольших значений расчетных нагрузок



ПС2 характеризуется такими признаками, при которых эксплуатация конструкции или сооружения хотя и затруднена, но полностью не исключается, т. е. конструкция становится **непригодной** лишь к **нормальной эксплуатации**:

❖ *по образованию трещин: $F_n \leq F_{crc}$*

F_n - усилие от нормативной нагрузки;

F_{crc} - усилие при котором возникают трещины в элементе;

❖ *по раскрытию трещин: $a_{crc} \leq a_{crc,u}$*

a_{crc} – ширина раскрытия трещин от внешних нагрузок;

$a_{crc,u}$ – предельно допустимая ширина раскрытия трещины;

❖ *по прогибам и перемещениям: $f \leq f_u$*

f – прогиб от нормативной нагрузки;

f_u – предельно допустимое значение прогиба;



КРИТЕРИИ ПРИГОДНОСТИ К НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Предельные прогибы f_u ограничены требованиями:

- эстетико-психологическими;
- конструктивными;
- технологическими;
- физиологическими.

Предельная ширина раскрытия трещин $a_{crs,u}$ ограничивается требованиями:

- обеспечения сохранности арматуры;
- обеспечения непроницаемости конструкций.



Нагрузки и воздействия



При проектировании учитывают **нагрузки**, возникающие как при **эксплуатации** сооружений, а также при **изготовлении, хранении, перевозке и возведении** строительных конструкций.

В расчетах используют *нормативные* и *расчетные* значения нагрузок.

- ▣ **нормативными** называют установленные нормами наибольшие значения нагрузок, которые могут действовать на конструкцию при ее нормальной эксплуатации,.
 - ▣ **расчетной** называется нагрузка, принимаемая с учетом отклонения от нормативной в большую или меньшую сторону. Это отклонение учитывается коэффициентом надежности по нагрузке γ_f
- 

Расчет конструкции производится на расчетные нагрузки q :

$$q = q_n \gamma_f,$$

где q_n - нормативная нагрузка;

γ_f - коэффициент надежности по нагрузке.

При расчете по ПС1 γ_f принимают:

- для постоянных нагрузок $\gamma_f = 1,1 \dots 1,3$;
- временных $\gamma_f = 1,2 \dots 1,6$,
- при расчете на устойчивость положения (опрокидывание, скольжение, всплытие), когда уменьшение веса конструкции ухудшает условия ее работы, принимают $\gamma_f < 1$.

Расчет конструкций по ПС2, учитывая меньшую опасность их наступления, производят на расчетные нагрузки при $\gamma_f = 1$, т.е. равные нормативным.

Нагрузки и воздействия на здания и сооружения могут быть *постоянными* и *временными*.

Последние в зависимости от продолжительности действия подразделяются на *длительные*, *кратковременные* и *особые*.



К **постоянным** P_d нагрузкам относят:

- вес частей зданий, в т. ч. вес несущих и ограждающих строительных конструкций;
- вес и давление грунтов ;
- усилия от предварительного напряжения.

К **длительным** P_l нагрузкам относят:

- вес временных перегородок;
- вес оборудования;
- давление газов, жидкостей и сыпучих тел;
- нагрузки от складироваемых материалов;
- температурные технологические воздействия от стационарного оборудования;
- пониженные нагрузки;
- деформации основания.



К **кратковременным нагрузкам P_t** относят:

- нагрузки от оборудования, в пускоостановочном, переходном и испытательном режимах;
- вес людей, ремонтных материалов;
- нагрузки от людей, животных, оборудования на перекрытия зданий;
- нагрузки от подъемно-транспортного оборудования, включая вес грузов;
- климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные) нагрузки.

К **особым P_s** нагрузкам относят:

- сейсмические воздействия;
- взрывные воздействия;
- нагрузки, вызываемые поломкой оборудования;
- деформации основания, сопровождающиеся изменением структуры грунта;
- нагрузки, обусловленные пожаром;
- нагрузки от столкновений транспортных средств с частями сооружения.



Здания и сооружения подвергаются одновременному действию различных нагрузок, поэтому расчет их должен выполняться с учетом **наиболее неблагоприятного сочетания этих нагрузок**. В зависимости от состава учитываемых нагрузок различают:

- ▣ *основные сочетания*, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных нагрузок;
- ▣ *особые сочетания*, состоящие из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок.



Малая вероятность одновременного появления наибольших нагрузок или усилий учитывается **коэффициентами сочетаний** ψ_1 и ψ_2 .

В зависимости от учитываемого состава нагрузок различают:

а) **основные сочетания** нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных

$$C_m = P_d + (\psi_{l1}P_{l1} + \psi_{l2}P_{l2} + \psi_{l3}P_{l3} + \dots) + (\psi_{t1}P_{t1} + \psi_{t2}P_{t2} + \psi_{t3}P_{t3} + \dots);$$

б) **особые сочетания** нагрузок, состоящие из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок

$$C_s = C_m + P_s,$$

где ψ_{li} ($l = 1, 2, 3, \dots$) - коэффициенты сочетаний для длительных нагрузок, $\psi_l = 0,95 - 1,0$;

ψ_{ti} ($I = 1, 2, 3, \dots$) - коэффициенты сочетаний для кратковременных нагрузок $\psi_{t1} = 0,7 - 1,0$;



Значения расчетных нагрузок умножаются на **коэффициент надежности по ответственности** конструкции, учитывающий степень **материального и социального ущерба** при аварии зданий и сооружений.

- для зданий и сооружений (ЗиС) **повышенного** уровня ответственности $\gamma_n = 1,1$;
- для ЗиС **нормального** уровня ответственности $\gamma_n = 1$;
- для ЗиС **пониженного** уровня ответственности $\gamma_n = 0,8$.

