

Сущность метода:

Самостоятельно:

Устанавливаются предельные состояния конструкций, их наступление обеспечивается системой расчетных коэффициентов.

Конструкции, запроектированные по методу предельных состояний получаются несколько экономичнее.

Сущность метода:

Устанавливаются предельные состояния конструкций, их не наступление обеспечивается системой расчетных коэффициентов.

Конструкции, запроектированные по методу предельных состояний получаются несколько экономичнее.

Две группы предельных состояний.

Предельными называются состояния, при которых конструкции перестают удовлетворять предъявляемым к ним в процессе эксплуатации требованиям.

Первая группа – по несущей способности.

Вторая группа – по пригодности к нормальной эксплуатации.

Расчет по предельным состояниям I группы выполняют для предотвращения:

- Хрупкого, вязкого или иного характера разрушения (расчет по прочности с учетом в необходимых случаях прогиба конструкции перед разрушением);
- Потерю устойчивости формы конструкции (расчет на устойчивость тонкостенных конструкций);
- Потерю устойчивости положения (расчет на опрокидывание или скольжения подпорных стен, внецентренно нагруженных высоких фундаментов, расчет на всплытие заглубленных или подземных резервуаров);

Расчет по предельным состояниям I группы выполняют для предотвращения:

- Хрупкого, вязкого или иного характера разрушения (расчет по прочности с учетом в необходимых случаях прогиба конструкции перед разрушением);
- Потерю устойчивости формы конструкции (расчет на устойчивость тонкостенных конструкций);
- Потерю устойчивости положения (расчет на опрокидывание или скольжения подпорных стен, внецентренно нагруженных высоких фундаментов, расчет на всплытие заглубленных или подземных резервуаров);
- Усталостное разрушение (расчет на выносливость конструкций, находящихся под воздействием многократной нагрузки);
- Разрушение от совместного воздействия силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды (агрессивность среды, попеременное замораживание и оттаивание и т.д.).

Расчет по предельным состояниям II группы выполняют для предотвращения:

- Образования чрезмерного и продолжительного раскрытия трещин (если они допустимы);
- Чрезмерных перемещений (прогибов, углов поворота, углов перекоса, амплитуды колебаний).

Расчет по предельным состояниям конструкции в целом, а также ее отдельных частей выполняют для всех этапов:

- Изготовления;
- Транспортирования;
- Монтажа;
- Эксплуатации.

Расчетные факторы — нагрузки и механические характеристики бетона и арматуры обладают статистической изменчивостью.

В расчетах по предельным состояниям учитывается:

- статистическая изменчивость нагрузок и механических характеристик материалов;
- различные неблагоприятные физические, химические и механические условия работы бетона и арматуры;
- особенности условий изготовления и эксплуатации сооружений.

Расчетные факторы

Самостоятельно:

Значения нагрузок устанавливаются по СП 20.13330.2011 (*СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»*).

Нормативные и расчетные характеристики бетона и арматуры – по СП 63.13330.2012 (*СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Актуализированная редакция*).

Постоянные нагрузки:

- вес несущих и ограждающих конструкций;
- вес и давление грунтов;
- предварительное напряжение железобетонных конструкций.

Классификация нагрузок

Самостоятельно:

Постоянные нагрузки:

- вес несущих и ограждающих конструкций;
- вес и давление грунтов;
- предварительное напряжение железобетонных конструкций.

Временные:

длительные нагрузки :

- вес временных перегородок;
- вес стационарного оборудования;
- давление газов, жидкостей, сыпучих тел в емкостях, избыточное давление и разрежение воздуха;
- вес воды на водонаполненных плоских покрытиях;
- воздействия, обусловленные изменением влажности, усадкой и ползучестью материалов;

Временные: длительные нагрузки :

- вес временных перегородок;
- вес стационарного оборудования;
- давление газов, жидкостей, сыпучих тел в емкостях, избыточное давление и разрежение воздуха;
- вес воды на водонаполненных плоских покрытиях;
- воздействия, обусловленные изменением влажности, усадкой и ползучестью материалов;
- нагрузки от людей, животных, оборудования на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий с пониженными нормативными значениями;
- нагрузки на перекрытия от складироваемых материалов в складских помещениях, зернохранилищах, книгохранилищах, архивах, и подобных помещениях;

Самостоятельно:

Классификация нагрузок

Временные: длительные нагрузки :

- вес временных перегородок;
- вес стационарного оборудования;
- давление газов, жидкостей, сыпучих тел в емкостях, избыточное давление и разрежение воздуха;
- вес воды на водонаполненных плоских покрытиях;
- воздействия, обусловленные изменением влажности, усадкой и ползучестью материалов;
- нагрузки от людей, животных, оборудования на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий с пониженными нормативными значениями;
- нагрузки на перекрытия от складываемых материалов в складских помещениях, зернохранилищах, книгохранилищах, архивах, и подобных помещениях;
- температурные технологические воздействия от стационарного оборудования;
- **вертикальные нагрузки от мостовых и подвесных кранов с пониженным нормативным значением;**
- **снеговые нагрузки с пониженным значением, определяемым умножением полного расчетного значения на коэффициент 0,5;**

Самостоятельно:

Классификация нагрузок

Временные:

длительные нагрузки :

- нагрузки на перекрытия от складываемых материалов в складских помещениях, зернохранилищах, книгохранилищах, архивах, и подобных помещениях;
- температурные технологические воздействия от стационарного оборудования;
- вертикальные нагрузки от мостовых и подвесных кранов с пониженным нормативным значением;
- снеговые нагрузки с пониженным значением, определяемым умножением полного расчетного значения на коэффициент 0,5;
- температурные климатические воздействия с пониженными нормативными значениями;
- воздействия, обусловленные деформациями основания, не сопровождающиеся коренным изменением структуры грунта, а также оттаиванием вечномерзлых грунтов;
- вес отложений производственной пыли, если ее накопление не исключено соответствующими мероприятиями;

Самостоятельно:

Временные:

Кратковременные нагрузки:

- Нагрузки от оборудования, возникающие в пускоостановочном, переходном и испытательном режимах;
- вес людей, ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования;

Самостоятельно:

Классификация нагрузок

Временные:

Самостоятельно:

Кратковременные нагрузки:

- Нагрузки от оборудования, возникающие в пускоостановочном, переходном и испытательном режимах;
- вес людей, ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования;
- нагрузки от людей, животных, оборудования на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий, с полными нормативными значениями;
- нагрузки, от подвижного подъемно-транспортного оборудования с полным нормативным значением;

Временные:

Самостоятельно:

Кратковременные нагрузки:

- Нагрузки от оборудования, возникающие в пускоостановочном, переходном и испытательном режимах;
- вес людей, ремонтных материалов в зонах обслуживания и ремонта оборудования;
- нагрузки от людей, животных, оборудования на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий, с полными нормативными значениями;
- нагрузки, от подвижного подъемно-транспортного оборудования с полным нормативным значением;
- снеговые нагрузки с полным расчетным значением;
- температурные климатические воздействия с полным нормативным значениям;
- ветровые нагрузки;
- гололедные нагрузки.

Особые нагрузки :

Самостоятельно:

- сейсмические воздействия;
- взрывные воздействия;
- нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования;
- воздействия, вызванные деформациями основания, сопровождающиеся коренными изменениями структуры грунта или оседанием его в районах горных выработок;

Устанавливаются с заданным уровнем надежности, т.е. по заранее заданной вероятности превышения средних значений или по номинальным значениям.

Устанавливаются с заданным уровнем надежности, т.е. по заранее заданной вероятности превышения средних значений или по номинальным значениям.

Нормативные постоянные нагрузки принимают по проектным значениям геометрических и конструктивных параметров и по средним значениям плотности.

Устанавливаются с заданным уровнем надежности, т.е. по заранее заданной вероятности превышения средних значений или по номинальным значениям.

Нормативные постоянные нагрузки принимают по проектным значениям геометрических и конструктивных параметров и по средним значениям плотности.

Снеговые и ветровые – по средним из ежегодных неблагоприятных значений или по неблагоприятным значениям, соответствующим определенному среднему периоду их повторений.

Самостоятельно:

При расчете конструкций на прочность и устойчивость значения нормативных нагрузок умножают на коэффициент надежности по нагрузке γ_f , *обычно больше единицы*: $g = g_n \cdot \gamma_f$

В зависимости от состава нагрузок различают:

- **основные сочетания** включают постоянные, длительные и кратковременные нагрузки;
- **особые сочетания** включают постоянные, длительные, кратковременные нагрузки и одна особая.

В особых сочетаниях, включающих взрывные воздействия или нагрузки, вызываемые столкновениями транспортных средств с частями сооружений, допускается не учитывать кратковременные нагрузки.

При учете сочетаний, включающие постоянные и не менее двух временных нагрузок, расчетные значения нагрузок следует умножать на коэффициенты сочетаний:

В основных сочетаниях:

- Для длительных нагрузок $\psi_1=0,95$;
- Для кратковременных $\psi_2=0,9$

В особых сочетаниях:

- Для длительных нагрузок $\psi_1=0,95$;
- Для кратковременных $\psi_2=0,8$,

кроме случаев, оговоренных в нормах проектирования для сейсмических районов.

Особую нагрузку следует принимать без снижения.

При учете основных сочетаний, включающих постоянные нагрузки и одну временную нагрузку (длительную или кратковременную), коэффициенты ψ_1 , ψ_2 вводить не следует.

В основных сочетаниях при учете трех и более кратковременных нагрузок их расчетные значения допускается умножать на коэффициент сочетания ψ_2 , принимаемый:

- для первой (по степени влияния) нагрузки – 1,0,
- для второй – 0,8,
- для остальных – 0,6.

Допускается снижать нагрузки при расчете колонн, стен и фундаментов, балок, ригелей, учитывая степень вероятности их одновременного воздействия.

Степень ответственности зданий и сооружений определяется размером социального и материального ущерба при достижении конструкций предельных состояний.

Степень ответственности зданий и сооружений

Степень ответственности зданий и сооружений определяется размером социального и материального ущерба при достижении конструкций предельных состояний.

Степень ответственности зданий и сооружений учитывается коэффициентом надежности по назначению γ_n , значение которого зависит от класса ответственности зданий и сооружений.

Степень ответственности зданий и сооружений

Степень ответственности зданий и сооружений определяется размером социального и материального ущерба при достижении конструкций предельных состояний.

Степень ответственности зданий и сооружений учитывается коэффициентом надежности по назначению γ_n , значение которого зависит от класса ответственности зданий и сооружений.

На коэффициент надежности по назначению γ_n
умножают расчетные значения нагрузок или делят предельные значения несущей способности, деформаций, ширину раскрытия трещин, расчетные сопротивления бетона и арматуры.

Степень ответственности зданий и сооружений

Степень ответственности зданий и сооружений определяется размером социального и материального ущерба при достижении конструкций предельных состояний.

Степень ответственности зданий и сооружений учитывается коэффициентом надежности по назначению γ_n , значение которого зависит от класса ответственности зданий и сооружений.

На коэффициент надежности по назначению γ_n умножают расчетные значения нагрузок или делят предельные значения несущей способности, деформаций, ширину раскрытия трещин, расчетные сопротивления бетона и арматуры.

Установлены три класса ответственности зданий и сооружений:

Класс I, $\gamma_n=1,0$ — здания сооружения, имеющие обособанное народнохозяйственное или социальное значение.

Степень ответственности зданий и сооружений

На коэффициент надежности по назначению γ_n умножают расчетные значения нагрузок или делят предельные значения несущей способности, деформаций, ширину раскрытия трещин, расчетные сопротивления бетона и арматуры.

Установлены три класса ответственности зданий и сооружений:

Класс I, $\gamma_n=1,0$ — здания сооружения, имеющие обоснованное народнохозяйственное или социальное значение.

Учебные заведения, детские дошкольные учреждения, музеи, государственные архивы, театры, кинотеатры, крытые спортивные сооружения с трибунами, главные корпуса ТЭС, АЭС, ГРЭС, телевизионные башни, промышленные трубы высотой более 200м, резервуары для нефтепродуктов объемом более 10 тыс.м³ и т.д.;

Степень ответственности зданий и сооружений

На коэффициент надежности по назначению γ_n умножают расчетные значения нагрузок или делят предельные значения несущей способности, деформаций, ширину раскрытия трещин, расчетные сопротивления бетона и арматуры.

Установлены три класса ответственности зданий и сооружений:

Класс I, $\gamma_n=1,0$ — здания сооружения, имеющие обоснованное народнохозяйственное или социальное значение.

Учебные заведения, детские дошкольные учреждения, музеи, государственные архивы, театры, кинотеатры, крытые спортивные сооружения с трибунами, главные корпуса ТЭС, АЭС, ГРЭС, телевизионные башни, промышленные трубы высотой более 200м, резервуары для нефтепродуктов объемом более 10 тыс.м³ и т.д.

Класс II, $\gamma_n=0,95$ — здания и сооружения, не входящие в классы I и III

Степень ответственности зданий и сооружений

На коэффициент надежности по назначению γ_n умножают расчетные значения нагрузок или делят предельные значения несущей способности, деформаций, ширину раскрытия трещин, расчетные сопротивления бетона и арматуры.

Установлены три класса ответственности зданий и сооружений:

Класс I, $\gamma_n = 1,0$ — здания сооружения, имеющие обоснованное народнохозяйственное или социальное значение.

Учебные заведения, детские дошкольные учреждения, музеи, государственные архивы, театры, кинотеатры, крытые спортивные сооружения с трибунами, главные корпуса ТЭС, АЭС, ГРЭС, телевизионные башни, промышленные трубы высотой более 200м, резервуары для нефтепродуктов объемом более 10 тыс.м³ и т.д.

Класс II, $\gamma_n = 0,95$ — здания и сооружения, не входящие в классы I и III

Класс III, $\gamma_n = 0,90$ — здания и сооружения с экономической ответственностью: различные склады без процессов сортировки и упаковки, временные здания и сооружения и одноэтажные жилые дома.

Нормативными сопротивлениями бетона являются:

- класс бетона ***B*** (нормативная кубиковая прочность);

Нормативными сопротивлениями бетона являются:

- класс бетона ***B*** (нормативная кубиковая прочность);
- временное сопротивление осевому сжатию призмы ***R_{bn}*** (нормативная призмная прочность);
- временное сопротивление осевому растяжению ***R_{btn}***.

Нормативные и расчетные характеристики бетона

Нормативными сопротивлениями бетона являются:

- класс бетона **B** (нормативная кубиковая прочность);
- временное сопротивление осевому сжатию призмы **R_{bn}** (нормативная призмная прочность);
- временное сопротивление осевому растяжению **R_{btn}** .

Нормами установлены и другие нормативные характеристики материалов (плотность, модуль упругости, коэффициенты трения, сцепления, ползучести, усадки и д.р.).

Классом бетона по прочности на осевое сжатие ***B*** (***МПа***) называется временное сопротивление сжатию бетонных кубов с размером ребра ***150 мм***, испытанных в соответствии со стандартом через ***28 суток*** хранения при температуре ***20±2°C*** с учетом ***статистической изменчивости прочности***.

Класс бетона по прочности на осевое сжатие:

$$B = R_m - \chi \cdot S_m = R_m \cdot (1 - \chi \cdot V_m)$$

где: $V_m = \frac{S_m}{R_m}$ – коэффициент вариации

(изменчивости) прочности бетона

(для тяжелого и легкого бетона

принят в нормах 0,135);

$\chi = 1,64$ – число, показатель надежности,

обеспечивающий доверительную

вероятность 0,95;

Нормативные и расчетные характеристики бетона

Среднее квадратичное отклонение прочности бетона в партии, характеризующее изменчивость прочности (стандарт):

$$S_m = \sqrt{\frac{n_1 \cdot \Delta_1^2 + n_2 \cdot \Delta_2^2 + \dots + n_k \cdot \Delta_k^2}{n - 1}};$$

$$\Delta_1 = R_1 - R_m; \Delta_2 = R_2 - R_m;$$

$$\dots\dots\dots; \Delta_k = R_k - R_m - \text{отклонения};$$

R_m – среднее значение временного сопротивления бетона сжатию, установленное при испытании партии стандартных кубов

Нормативные и расчетные характеристики бетона

Нормативную призмную прочность определяют по эмпирической формуле:

$$R_{bn} = B(0,77 - 0,001 B) \geq 0,72 B$$

Нормативные и расчетные характеристики бетона

Нормативное сопротивление бетона растяжению R_{btn} определяют различными способами в зависимости от того, как контролируется прочность бетона.

В тех случаях, когда прочность бетона на растяжение не контролируется, R_{btn} определяют косвенным путем по формуле:

$$R_{btn} = 0,5 \cdot \sqrt[3]{R_m^2}$$

Прочность бетона на осевое растяжение определяют:

- на разрыв – образцов в виде восьмерок;
- на раскалывание – образцов в виде цилиндров;
- на изгиб – бетонных балок.

Нормативные и расчетные характеристики бетона

Прочность бетона на осевое растяжение определяют:

- на разрыв – образцов в виде восьмерок;
- на раскалывание – образцов в виде цилиндров;
- на изгиб – бетонных балок.

$$R_{btn} = B_t = R_{btm} - \chi \cdot S_{btm} = R_{btm} \cdot (1 - \chi \cdot V_{btm}),$$

где: R_{btm} – среднее сопротивление бетона растяжению;

$\chi = 1,64$ – число, показатель надежности, обеспечивающий доверительную вероятность 0,95;

S_{btm} – среднее квадратичное отклонение прочности на растяжение в партии, характеризующее изменчивость прочности (стандарт);

V_{btm} – коэффициент вариации⁷⁶ $V_{btm} = 0,165$

Расчетные характеристики бетона

Расчетные сопротивления бетона для расчета по 1 группе предельных состояний определяют делением нормативных сопротивлений на соответствующие коэффициенты надежности по бетону.

Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию:

$$R_b = \frac{R_{bn}}{\gamma_{bc}}; \quad \gamma_{bc} = 1,3$$

Расчетные характеристики бетона

Расчетные сопротивления бетона для расчета *по 1 группе предельных состояний* определяют делением нормативных сопротивлений на соответствующие коэффициенты надежности по бетону.

Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию:

$$R_b = \frac{R_{bn}}{\gamma_{bc}}; \quad \gamma_{bc} = 1,3$$

Расчетное сопротивление бетона растяжению:

$$R_{bt} = \frac{R_{btn}}{\gamma_{bt}}; \quad \gamma_{bt} = 1,5, \quad \text{а при контроле}$$

прочности на растяжении $\gamma_{bt} = 1,3$

Расчетные характеристики бетона

Расчетное сопротивление бетона *II группы* $R_{b,ser}$ и $R_{bt,ser}$ принимают равными нормативным сопротивлениям, т.е. коэффициенты надежности принимаются $\gamma_{bc} = 1$ $\gamma_{bt} = 1$

Расчетные характеристики бетона

Расчетное сопротивление бетона *II группы* $R_{b,ser}$ и $R_{bt,ser}$ принимают равными нормативным сопротивлениям, т.е. коэффициенты надежности принимаются $\gamma_{bc} = 1$ $\gamma_{bt} = 1$

При расчете прочности железобетонных элементов в расчетные сопротивления вводятся коэффициенты условий работы бетона γ_{bi} , которые учитывают изменение прочностных характеристик бетона от влияния различных факторов.

Расчетные характеристики бетона

При расчете прочности железобетонных элементов в расчетные сопротивления вводятся коэффициенты условий работы бетона γ_{bi} , которые учитывают изменение прочностных характеристик бетона от влияния различных факторов.

а) γ_{bl} — для бетонных, и железобетонных конструкции, вводимый к расчетным значениям сопротивлений R_b и R_{bt} и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

$\gamma_{bl} = 1,0$ — при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки;

$\gamma_{bl} = 0,9$ — при продолжительном (длительном) действии нагрузки;

Расчетные характеристики бетона

При расчете прочности железобетонных элементов в расчетные сопротивления вводятся коэффициенты условий работы бетона γ_{bi} , которые учитывают изменение прочностных характеристик бетона от влияния различных факторов.

а) γ_{b1} – для бетонных, и железобетонных конструкции, вводимый к расчетным значениям сопротивлений R_b и R_{bt} и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

$\gamma_{b1} = 1,0$ – при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки;

$\gamma_{b1} = 0,9$ – при продолжительном (длительном) действии нагрузки;

б) γ_{b2} – для бетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивления R_b и учитывающий характер разрушения таких конструкций; $\gamma_{b2} = 0,9$;

Расчетные характеристики бетона

При расчете прочности железобетонных элементов в расчетные сопротивления вводятся коэффициенты условий работы бетона γ_{bi} , которые учитывают изменение прочностных характеристик бетона от влияния различных факторов.

а) γ_{b1} – для бетонных, и железобетонных конструкции, вводимый к расчетным значениям сопротивлений R_b и R_{bt} и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

$\gamma_{b1} = 1,0$ – при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки;

$\gamma_{b1} = 0,9$ – при продолжительном (длительном) действии нагрузки;

б) γ_{b2} – для бетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивления R_b и учитывающий характер разрушения таких конструкций; $\gamma_{b2} = 0,9$;

в) γ_{b3} – для бетонных и железобетонных конструкций, бетонируемых в вертикальном положении, вводимый к расчетному значению сопротивления бетона R_b

Расчетные характеристики бетона

вводятся коэффициенты условий работы бетона γ_{bi} , которые учитывают изменение прочностных характеристик бетона от влияния различных факторов.

а) γ_{b1} – для бетонных, и железобетонных конструкции, вводимый к расчетным значениям сопротивлений R_b и R_{bt} и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

$\gamma_{b1} = 1,0$ – при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки;

$\gamma_{b1} = 0,9$ – при продолжительном (длительном) действии нагрузки;

б) γ_{b2} - для бетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивления R_b и учитывающий характер разрушения таких конструкций; $\gamma_{b2} = 0,9$;

в) γ_{b3} – для бетонных и железобетонных конструкций, бетонируемых в вертикальном положении, вводимый к расчетному значению сопротивления бетона $R_{b;}$

г) $\gamma_{b4} \leq 1,0$ – влияние попеременного замораживания и оттаивания, а также отрицательных температур учитывают коэффициентом условий работы бетона γ .

Расчетные характеристики бетона

а) γ_{bl} – для бетонных, и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений R_b и R_{bt} и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки:

$\gamma_{bl} = 1,0$ – при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки;

$\gamma_{bl} = 0,9$ – при продолжительном (длительном) действии нагрузки;

б) γ_{b2} - для бетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивления R_b и учитывающий характер разрушения таких конструкций; $\gamma_{b2} = 0,9$;

в) γ_{b3} – для бетонных и железобетонных конструкций, бетонируемых в вертикальном положении, вводимый к расчетному значению сопротивления бетона R_b ;

г) $\gamma_{b4} \leq 1,0$ – влияние попеременного замораживания и оттаивания, а также отрицательных температур учитывают коэффициентом условий работы бетона γ .

Для надземных конструкций, подвергаемых атмосферным воздействиям окружающей среды при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период минус 40 °С и выше, принимают коэффициенту $\gamma_{b5} = 1,0$. В остальных случаях значения коэффициента γ_{b5} принимают в зависимости от назначения конструкции и условий окружающей среды согласно специальным указаниям.

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

В качестве нормативных сопротивлений арматуры R_{sn} принимаются, значения прочности арматурной стали, контролируемые непосредственно на металлургических заводах в соответствии с государственными стандартами, с обеспеченностью не менее **0,95**.

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

В качестве нормативных сопротивлений арматуры R_{sn} принимаются, значения прочности арматурной стали, контролируемые непосредственно на металлургических заводах в соответствии с государственными стандартами, с обеспеченностью не менее **0,95**.

Для стержневой арматуры, высокопрочной проволоки и канатов наименьшие контролируемые нормативные сопротивления представляют собой физический или условный предел текучести (**при остаточных относительных удлинениях 0,2%**), а для обыкновенной арматурной проволоки — **0,75** временного сопротивления разрыву.

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

В качестве нормативных сопротивлений арматуры R_{sn} принимаются, значения прочности арматурной стали, контролируемые непосредственно на металлургических заводах в соответствии с государственными стандартами, с обеспеченностью не менее **0,95**.

Для стержневой арматуры, высокопрочной проволоки и канатов наименьшие контролируемые нормативные сопротивления представляют собой физический или условный предел текучести (*при остаточных относительных удлинениях 0,2%*), а для обыкновенной арматурной проволоки – **0,75** временного сопротивления разрыву.

Расчетное сопротивление арматуры растяжению определяется делением нормативных сопротивлений на коэффициент надежности по арматуре $\gamma_s = 1,1...1,2$ в зависимости от класса арматуры.

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

Для стержневой арматуры, высокопрочной проволоки и канатов наименьшие контролируемые нормативные сопротивления представляют собой физический или условный предел текучести (*при остаточных относительных удлинениях 0,2%*), а для обыкновенной арматурной проволоки – 0,75 временного сопротивления разрыву. Расчетное сопротивление арматуры растяжению определяется делением нормативных сопротивлений на коэффициент надежности по арматуре $\gamma_s = 1,1 \dots 1,2$ в зависимости от класса арматуры.

γ_s - коэффициент надежности по арматуре, принимаемый равным:

- для предельных состояний первой группы $\gamma_s = 1,15$;
- для предельных состояний второй группы: $\gamma_s = 1,0$.

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

Расчетные сопротивления арматуры сжатию R_{sc} , используемые в расчете конструкций по *I группе* предельных состояний, при сцеплении арматуры с бетоном принимают равными соответствующим расчетным сопротивлениям арматуры растяжению R_s , но *не более 400 МПа (исходя из предельной сжимаемости бетона ε_{bu})*.

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

Расчетные сопротивления арматуры сжатию R_{sc} , используемые в расчете конструкций по *I группе* предельных состояний, при сцеплении арматуры с бетоном принимают равными соответствующим расчетным сопротивлениям арматуры растяжению R_s , но *не более 400 МПа (исходя из предельной сжимаемости бетона ε_{bu})*.

При расчете конструкции при длительном действии нагрузки допускается принимать:

- при арматуре классов:

$$B500 - R_s = 415 \text{ МПа}, A500 - R_s = 435 \text{ МПа},$$

$$A600 - R_s = 470 \text{ МПа} \quad (\gamma_{b1} = 0,9)$$

- при арматуре классов:

$$A800, A1000, Bp1200, Bp1300, Bp1400, Bp1500,$$

$$K1400, K1500 - R_s = 500 \text{ МПа} \quad (\gamma_{b1} = 0,9)$$

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

Расчетные сопротивления арматуры сжатию R_{sc} , используемые в расчете конструкций по **I группе** предельных состояний, при сцеплении арматуры с бетоном принимают равными соответствующим расчетным сопротивлениям арматуры растяжению R_s , но **не более 400 МПа (исходя из предельной сжимаемости бетона ε_{bu})**.

При расчете конструкции при длительном действии нагрузки допускается принимать:

- при арматуре классов: $B500 - R_s = 415 \text{ МПа}$, $A500 - R_s = 435 \text{ МПа}$,
 $A600 - R_s = 470 \text{ МПа}$ ($\gamma_{b1} = 0,9$)
- при арматуре классов: $A800, A1000, Bp1200, Bp1300, Bp1400, Bp1500,$
 $K1400, K1500 - R_s = 500 \text{ МПа}$ ($\gamma_{b1} = 0,9$)

При этом должны соблюдаться специальные конструктивные требования по установке поперечной арматуры, предохраняющие продольную арматуру от потери устойчивости (**шаг не более чем 500 мм или не более удвоенной ширины данной грани элемента**).

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

При расчете конструкции при длительном действии нагрузки допускается принимать:

$$B500 - R_s = 415 \text{ МПа}, A500 - R_s = 435 \text{ МПа},$$

- при арматуре классов: $A600 - R_s = 470 \text{ МПа} \quad (\gamma_{b1} = 0,9)$

- при арматуре классов: $A800, A1000, Bp1200, Bp1300, Bp1400, Bp1500, K1400, K1500 - R_s = 500 \text{ МПа} \quad (\gamma_{b1} = 0,9)$

При этом должны соблюдаться специальные конструктивные требования по установке поперечной арматуры, предохраняющие продольную арматуру от потери устойчивости (шаг *не более чем 500 мм* или *не более удвоенной ширины данной грани элемента*).

При отсутствии сцепления арматуры с бетоном $R_{sc} = 0$.

Расчетные сопротивления арматуры при расчете конструкций по предельным состояниям *II группы* принимаются с коэффициентом надежности по арматуре $\gamma_s = 1,0$, т.е. $R_{s,ser} = R_{sn}$.

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

При расчете конструкции при длительном действии нагрузки допускается принимать:

$$B500 - R_s = 415 \text{ МПа}, A500 - R_s = 435 \text{ МПа},$$

• при арматуре классов: $A600 - R_s = 470 \text{ МПа} \quad (\gamma_{b1} = 0,9)$

• при арматуре классов: $A800, A1000, Bp1200, Bp1300, Bp1400, Bp1500,$
 $K1400, K1500 - R_s = 500 \text{ МПа} \quad (\gamma_{b1} = 0,9)$

При этом должны соблюдаться специальные конструктивные требования по установке поперечной арматуры, предохраняющие продольную арматуру от потери устойчивости (шаг **не более чем 500 мм** или **не более удвоенной ширины данной грани элемента**).

При отсутствии сцепления арматуры с бетоном $R_{sc} = 0$.

Расчетные сопротивления арматуры при расчете конструкций по предельным состояниям **II группы** принимаются с коэффициентом надежности по арматуре $\gamma_s = 1,0$, т.е. $R_{s,ser} = R_{sn}$.

Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний **I группы** снижаются или повышаются путем умножения на соответствующие коэффициенты условий работы γ_{si} , которые учитывают различные факторы, влияющие на прочность арматуры.

Нормативные и расчетные характеристики арматуры

При этом должны соблюдаться специальные конструктивные требования по установке поперечной арматуры, предохраняющие продольную арматуру от потери устойчивости (шаг *не более чем 500мм* или *не более удвоенной ширины данной грани элемента*).

При отсутствии сцепления арматуры с бетоном $R_{sc}=0$.

Расчетные сопротивления арматуры при расчете конструкций по предельным состояниям *II группы* принимаются с коэффициентом надежности по арматуре $\gamma_s=1,0$, т.е. $R_{s,ser} = R_{sn}$.

Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний *I группы* снижаются или повышаются путем умножения на соответствующие коэффициенты условий работы γ_{si} , которые учитывают различные факторы, влияющие на прочность арматуры.

Расчетные сопротивления поперечной арматуры (хомутов и отогнутых стержней) R_{sw} снижают по сравнению с R_s (умножая на коэффициент условия работы $\gamma_{sI}=0,8$, но принимают *не более 300МПа*).

Трещиностойкость железобетонных конструкций

Трещиностойкостью ЖБК называют ее сопротивление образованию трещин в *I стадии НДС* или сопротивление раскрытию трещин по *II стадии НДС*.

Трещиностойкость железобетонных конструкций

Трещиностойкостью ЖБК называют ее сопротивление образованию трещин в *I стадии НДС* или сопротивление раскрытию трещин по *II стадии НДС*. В зависимости от вида арматуры и условий эксплуатации к трещиностойкости ЖБК предъявляются различные требования.

Трещиностойкость железобетонных конструкций

Трещиностойкостью ЖБК называют ее сопротивление образованию трещин в *I стадии НДС* или сопротивление раскрытию трещин по *II стадии НДС*.

В зависимости от вида арматуры и условий эксплуатации к трещиностойкости ЖБК предъявляются различные требования.

1 категория – не допускается образование трещин.

Расчет ведется на совместное воздействие всех видов нагрузок (кроме особых)

2 категория – допускается ограниченное по ширине непродолжительное раскрытие трещин при условии их последующего надежного закрытия.

Трещиностойкость железобетонных конструкций

Трещиностойкостью ЖБК называют ее сопротивление образованию трещин в *I стадии НДС* или сопротивление раскрытию трещин по *II стадии НДС*.

В зависимости от вида арматуры и условий эксплуатации к трещиностойкости ЖБК предъявляются различные требования.

1 категория – не допускается образование трещин.

Расчет ведется на совместное воздействие всех видов нагрузок (кроме особых)

2 категория – допускается ограниченное по ширине непродолжительное раскрытие трещин при условии их последующего надежного закрытия.

Непродолжительным считается раскрытие трещин при действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.

По непродолжительному раскрытию трещин - $\gamma_f = 1$;

Трещиностойкость железобетонных конструкций

1 категория – не допускается образование трещин. Расчет ведется на совместное воздействие всех видов нагрузок (кроме особых)

2 категория – допускается ограниченное по ширине непродолжительное раскрытие трещин при условии их последующего надежного закрытия.

Непродолжительным считается раскрытие трещин при действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.

По непродолжительному раскрытию трещин - $\gamma_f = 1$;

3 категория – допускается ограниченное по ширине непродолжительное и продолжительное раскрытие трещин.

По образованию трещин расчет ведется на совместное воздействие всех нагрузок кроме особых при $\gamma_f = 1$;

Трещиностойкость железобетонных конструкций

1 категория – не допускается образование трещин. Расчет ведется на совместное воздействие всех видов нагрузок (кроме особых)

2 категория – допускается ограниченное по ширине непродолжительное раскрытие трещин при условии их последующего надежного закрытия.

Непродолжительным считается раскрытие трещин при действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.

По непродолжительному раскрытию трещин - $\gamma_f = 1$;

3 категория – допускается ограниченное по ширине непродолжительное и продолжительное раскрытие трещин.

По образованию трещин расчет ведется на совместное воздействие всех нагрузок кроме особых при $\gamma_f = 1$;

Расчет по непродолжительному раскрытию трещин – то же;

Расчет по продолжительному раскрытию трещин ведется на совместное действие постоянных и длительных нагрузок при $\gamma_{f76} = 1$.

Основные положения расчета

Предельные состояния I группы.

Расчет ведется по 3 стадии НДС.

Усилие от расчетных нагрузок T является функцией от нормативных нагрузок, коэффициентов надежности по нагрузкам и др. факторов (расчетной схемы, коэффициента динамичности и т.д.).

Основные положения расчета

Предельные состояния I группы.

Расчет ведется по 3 стадии НДС.

Усилие от расчетных нагрузок T является функцией от нормативных нагрузок, коэффициентов надежности по нагрузкам и др. факторов (расчетной схемы, коэффициента динамичности и т.д.).

Усилие, воспринимаемое элементом T_{per} , является функцией размеров и формы сечения, нормативной прочности материалов R_{bn} , R_{sn} , коэффициентов надежности по материалам γ_{bc} , γ_s , коэффициентов условий работы γ_{bt} , γ_{si} .

Основные положения расчета

Предельные состояния I группы.

Расчет ведется по 3 стадии НДС.

Усилие от расчетных нагрузок T является функцией от нормативных нагрузок, коэффициентов надежности по нагрузкам и др. факторов (расчетной схемы, коэффициента динамичности и т.д.).

Усилие, воспринимаемое элементом T_{per} , является функцией размеров и формы сечения, нормативной прочности материалов R_{bn} , R_{sn} , коэффициентов надежности по материалам γ_{bc} , γ_s , коэффициентов условий работы γ_{bi} , γ_{si} .

Условие может быть записано в виде неравенства:

$$T(q_n, v_n, \gamma_f, \gamma_n, C) \leq T_{per}(S, R_{bn}, \gamma_b, \gamma_{bi}, R_{sn}, \gamma_s, \gamma_{si})$$

ИЛИ

$$T(q, v, \gamma_n, C) \leq T_{per}(S, R_b, \gamma_{bi}, R_s, \gamma_{si})$$

Предельные состояния 2 группы

Расчет по трещиностойкости

(образованию трещин и ширине раскрытия трещин):

$T \leq T_{crc}$ - проверка трещиностойкости элементов, к которым предъявляют требования 1 категории, проверка на образование трещин для элементов, к которым предъявляются требования по 2 и 3 категории трещиностойкости.

Предельные состояния 2 группы

Расчет по трещиностойкости

(образованию трещин и ширине раскрытия трещин):

$T \leq T_{crc}$ - проверка трещиностойкости элементов, к которым предъявляют требования 1 категории, проверка на образование трещин для элементов, к которым предъявляются требования по 2 и 3 категории трещиностойкости.

Трещины, наклонные к продольной оси элемента, не появляются, если главные растягивающие напряжения в бетоне не превосходят их расчетных значений.

Предельные состояния 2 группы

Расчет по раскрытию трещин

нормальных и наклонных к продольной оси элемента, заключается в определении ширины раскрытия трещин на уровне центра тяжести растянутой арматуры и сравнение ее с предельной шириной раскрытия:

$$a_{crc} \leq [a_{crc}]$$

Предельные состояния 2 группы

Расчет по перемещениям

$$f \leq f_u,$$

где: f – прогиб от нормативной нагрузок;

f_u – предельный прогиб.

Расчет по зыбкости: от **1000 н** по наиболее невыгодной схеме прогиб должен быть не более **0,7 мм**.