

ИНЖЕНЕРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ. МЕТОДЫ РАСЧЕТА

Расчет и конструирование железобетонных конструкций необходимо производить по методу предельных состояний в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами, другими документами и методической литературой.

Предельное состояние – это состояние, при превышении которого конструкция теряет способность сопротивляться внешним нагрузкам и воздействиям или получает недопустимые деформации или местные повреждения, т. е. перестает удовлетворять требованиям, предъявляемым к ней в процессе эксплуатации или возведения.

Расчеты должны с назначенной надежностью гарантировать конструкцию от наступления предельных состояний первой и второй групп.

Расчеты по предельным состояниям первой группы включают:

- расчет по прочности;
- расчет по выносливости (при действии многократно повторяющейся нагрузки);
- расчет по устойчивости формы;
- расчет по устойчивости положения (опрокидывание, скольжение, всплывание и т. п.).

Расчеты по предельным состояниям второй группы включают:

- расчет по образованию трещин;
- расчет по ширине раскрытия трещин;
- расчет по деформациям.

Нагрузки и воздействия на элементы железобетонных конструкций

На все инженерные конструкции действуют нагрузки и воздействия, которые в зависимости от продолжительности действия разделяют на постоянные и временные (переменные). Временные, кроме того, бывают трех видов: длительные, кратковременные и особые. Примером *постоянных нагрузок* являются собственный вес конструкций, давления грунтов, гидростатическое давление в гидротехнических сооружениях при нормальном подпорном уровне и др. К *длительным временным* относятся: вес стационарного оборудования, давления жидкостей и газов в трубопроводах, воздействия влажности, усадки, ползучести и др. *Кратковременными нагрузками и воздействиями* являются нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования, снеговые и ветровые нагрузки, вес людей, деталей, переносного оборудования, волновые и ледовые нагрузки на гидротехнические сооружения и др. К *особым нагрузкам* относят сейсмические и взрывные воздействия, ледовые нагрузки при прорыве заторов, нагрузки и воздействия, вызываемые неисправностью или поломкой оборудования, и др.

Также нагрузки и воздействия разделяют на нормативные и расчетные. *Нормативные нагрузки* – это нагрузки, значения которых устанавливаются

нормативно-техническими документами из заранее заданной вероятности превышения средних значений (характеристические значения воздействий). *Расчетные нагрузки и воздействия* – это нагрузки и воздействия, принимаемые в расчетах и получаемые умножением их нормативных значений на соответствующие частные коэффициенты безопасности по нагрузке, т. е.

$$g = g_k \cdot \gamma_f,$$

где g – расчетная нагрузка;

g_k – нормативная нагрузка;

γ_f – частный коэффициент безопасности по нагрузке.

Частный коэффициент безопасности по нагрузке – это коэффициент, учитывающий возможное отклонение нагрузок в неблагоприятную сторону от их нормативных значений вследствие изменчивости нагрузок или отступлений от условий нормальной эксплуатации. Значения частного коэффициента по нагрузке принимаются по СН 2.01.01-2019.

При расчете конструкций необходимо учитывать и степень ответственности зданий, учитывающую последствия разрушения или повреждения конструкции, путем умножения нагрузки на соответствующий коэффициент надежности по степени ответственности (по надежности) γ_n . Чем выше степень ответственности сооружения, тем больше коэффициент γ_n .

Расчет конструкций выполняется на наиболее неблагоприятное, физически возможное сочетание нагрузок или усилий. В железобетонных конструкциях при расчете по предельным состояниям первой группы при постоянных и переходных (временных) расчетных ситуациях, кроме многократно повторяющихся нагрузок или действия усилия предварительного напряжения, следует принимать наиболее неблагоприятное из следующих сочетаний нагрузок:

первое основное сочетание:

$$\sum_j (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \sum_{i \geq 1} (\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i});$$

второе основное сочетание:

$$\sum_j (\xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} (\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}),$$

где $\gamma_{G,j}$ – частный коэффициент безопасности для постоянных нагрузок;

$G_{k,j}$ – нормативные постоянные нагрузки;

$\gamma_{Q,i}$ – частный коэффициент безопасности для переменных нагрузок;
 $\gamma_{Q,1}$ – частный коэффициент безопасности для доминирующей переменной нагрузки;
 $\Psi_{0,i}$ – коэффициент сочетаний переменных нагрузок;
 $Q_{k,i}$ – нормативные переменные нагрузки;
 $Q_{k,1}$ – нормативная доминирующая переменная нагрузка;
 $\xi = 0,85$ – коэффициент уменьшения для неблагоприятно действующей постоянной нагрузки.

При расчете железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы следует принимать наиболее неблагоприятное из следующих сочетаний нагрузок:

нормативное (редкое, характеристическое) сочетание:

$$\sum_j G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i});$$

частое сочетание:

$$\sum_j G_{k,j} + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i});$$

практически постоянное сочетание:

$$\sum_j G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} (\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}),$$

где $\Psi_{1,1}$, $\Psi_{2,i}$ – коэффициенты сочетаний переменных нагрузок.

Прочностные характеристики материалов

Основными прочностными характеристиками материалов являются нормативное и расчетное сопротивления.

Например, для бетона *нормативное сопротивление (характеристическая прочность) бетона сжатию* f_{ck} – это значение прочности, определяемое при осевом сжатии цилиндрических бетонных образцов, с учетом статистической изменчивости при обеспеченности 0,95.

Расчетное сопротивление бетона сжатию f_{cd} – величина, получаемая путем деления нормативных значений прочности на частный коэффициент безопасности для бетона γ_c , который учитывает возможность отклонения прочностей бетона ниже нормативных значений, отклонения в геометрических размерах сечений (не превышающие допустимых) и разницу между прочностью бетона, определяемую на опытных образцах, и

прочностью бетона в конструкции; в случае неармированных конструкций значение γ_c также учитывает возможность наступления хрупкого разрушения.

Таким образом, расчетное сопротивление сжатию для бетонов классов не выше С40/50 можно определять по упрощенной формуле (в противном случае – по формуле (6.4) СП 5.03.01-2020)

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}.$$

Частный коэффициент безопасности для бетона γ_c принимается равным:

а) при расчете железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы – 1,5;

б) при расчете железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы – 1,0;

в) в особых расчетных ситуациях – 1,2.

Для арматурных сталей, применяемых в железобетонных конструкциях, установлены следующие основные прочностные характеристики:

нормативное (характеристическое) сопротивление арматуры растяжению f_{yk} – гарантируемое производителем значение физического или условного предела текучести с обеспеченностью не менее 0,95 согласно нормативным требованиям;

расчетное сопротивление арматуры растяжению f_{yd} , определяемое путем деления нормативного сопротивления f_{yk} на *частный коэффициент безопасности для арматуры γ_s* , принимаемый равным: при расчетах по первой группе предельных состояний – 1,15; при расчетах по второй группе предельных состояний – 1,0.

Таким образом, расчетное сопротивление арматуры растяжению следует определять по формуле

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}.$$