

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства
Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан

СНиП РК 5.03-34-2005 БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ Основные положения

Астана, 2005

Содержание

- [1 Область применения](#)
- [2 Нормативные ссылки](#)
- [3 Определения](#)
- [4 Общие требования к бетонным и железобетонным конструкциям](#)
- [5 Характеристики бетона и арматуры](#)
 - [5.1 Нормируемые характеристики бетона](#)
 - [5.2 Нормативные и расчетные значения прочностных и деформационных характеристик бетона](#)
 - [5.3 Нормируемые характеристик арматуры](#)
 - [5.4 Нормативные и расчетные значения прочностных и деформационных характеристик арматуры](#)
- [6 Требования к расчету бетонных и железобетонных конструкций](#)
 - [6.1 Общие положения](#)
 - [6.2 Расчет бетонных и железобетонных элементов по прочности](#)
 - [6.3 Расчет железобетонных элементов по образованию трещин](#)
 - [6.4 Расчет железобетонных элементов по раскрытию трещин](#)
 - [6.5 Расчет железобетонных элементов по деформациям](#)
- [7 Конструктивные требования](#)
 - [7.1 Общие положения](#)
 - [7.2 Требования к геометрическим размерам](#)
 - [7.3 Требования к армированию](#)
 - [7.4 Защита конструкций от неблагоприятного влияния воздействия среды](#)
- [8 Требования к изготовлению, воздействию и эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций](#)
 - [8.1 Бетон](#)
 - [8.2 Арматура](#)
 - [8.3 Опалубка](#)
 - [8.4 Бетонные и железобетонные конструкции](#)
 - [8.5 Контроль качества](#)
- [9 Требования к восстановлению и усилению железобетонных конструкций](#)
 - [9.1 Общие положения](#)
 - [9.2 Натурные обследования конструкций](#)
 - [9.3 Поверочные расчеты конструкций](#)
 - [9.4 Усиление железобетонных конструкций](#)
- [Приложение А \(справочное\) Нормативные ссылки](#)
- [Приложение Б \(обязательное\) Термины и определения](#)
- [Приложение В \(справочное\) Основные буквенные обозначения](#)

1 Область применения

Настоящие нормы и правила распространяются на все виды бетонных и железобетонных конструкций, применяемых в промышленном, гражданском, транспортном, гидротехническом и других областях строительства.

Настоящие нормы и правила устанавливают общие положения, предназначенные для использования при разработке нормативных документов по проектированию, изготовлению (возведению) и эксплуатации конструкций определенных видов и назначения.

2 Нормативные ссылки

В настоящих нормах и правилах использованы ссылки на нормативные документы, указанные в [Приложении А](#).

3 Определения

В настоящих нормах и правилах применяются термины и соответствующим им определения, приведенные в [приложении Б](#).

Использованные в тексте обозначения величин приведены в [приложении В](#).

4 Общие требования к бетонным и железобетонным конструкциям

4.1 Бетонные и железобетонные конструкции всех типов должны удовлетворять требованиям по безопасности, эксплуатационной пригодности и долговечности, а также дополнительным требованиям, указанным в задании на проектирование.

4.2 Для удовлетворения требованиям по безопасности конструкции должны иметь такие начальные характеристики, чтобы при различных расчетных воздействиях в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений были исключены разрушения любого характера, связанные с риском причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу, окружающей среде.

4.3 Для удовлетворения требованиям по эксплуатационной пригодности конструкция должна иметь такие начальные характеристики, чтобы с надлежащей степенью надежности при различных расчетных воздействиях не происходило образование или чрезмерное раскрытие трещин, а также не возникали чрезмерные перемещения, колебания и другие повреждения, затрудняющие нормальную эксплуатацию (нарушение требований к внешнему виду конструкции, технологических требований по нормальной работе оборудования, механизмов, конструктивных требований по совместной работе элементов и других требований, установленных при проектировании).

Требования по отсутствию трещин предъявляют к железобетонным конструкциям, у которых при полностью растянутом сечении должна быть обеспечена непроницаемость (находящихся под давлением жидкости или газов, испытывающих воздействие радиации и т.п.), к уникальным конструкциям, к которым предъявляют повышенные требования по долговечности, а также к конструкциям, эксплуатируемым при воздействии сильно агрессивной среды.

В остальных железобетонных конструкциях образование трещин допускается, и к ним предъявляют требования по ограничению ширины раскрытия трещин.

4.4 Для удовлетворения требованиям по долговечности конструкция должна иметь такие начальные характеристики, чтобы в течение установленного времени она удовлетворяла бы требованиям по безопасности и эксплуатационной пригодности с учетом влияния на геометрические характеристики конструкций и механические характеристики материалов различных расчетных воздействий (длительное действие

нагрузки, неблагоприятные климатические, технологические, температурные и влажностные воздействия, попеременное замораживание и оттаивание, агрессивные воздействия и другие воздействия).

4.5 Безопасность, эксплуатационная пригодность, долговечность элементов бетонных и железобетонных конструкций должны быть обеспечены выполнением следующих групп требований, установленных в настоящих нормах и правилах и в разрабатываемых на их основе нормативных и методических документах:

- требования к нормативным и расчетным значениям характеристик бетона и арматуры;
- требования к расчетам конструкций по предельным состояниям;
- конструктивные требования;
- технологические требования;
- требования по эксплуатации.

4.6 При проектировании бетонных и железобетонных конструкций надежность конструкций обеспечивают согласно [ГОСТ 27751](#) расчетом с использованием расчетных значений нагрузок и воздействий, расчетных характеристик бетона и арматуры (или конструкционной стали), определяемых с помощью соответствующих частных коэффициентов надежности по нормативным значениям этих характеристик, с учетом уровня ответственности зданий и сооружений.

Нормативные значения нагрузок и воздействий, значения коэффициентов надежности по нагрузке, а также коэффициентов надежности по назначению конструкций устанавливаются соответствующими нормативными документами для строительных конструкций.

Расчетные значения нагрузок и воздействий принимают в зависимости от вида расчетного предельного состояния и расчетной ситуации.

Уровень надежности расчетных значений характеристик материалов устанавливают в зависимости от расчетной ситуации и от опасности достижения соответствующего предельного состояния и регулируют значением коэффициентов надежности по бетону и арматуре (или конструкционной стали).

Расчет бетонных и железобетонных конструкций можно производить по заданному значению надежности на основе вероятностного расчета при наличии достаточных данных об изменчивости основных факторов, входящих в расчетные зависимости.

4.7 Для выполнения требований по надежности (в том числе по безопасности, эксплуатационной пригодности и долговечности) конструкций на стадии проектирования следует осуществлять:

- выбор расчетной схемы конструкции и расчетных ситуаций;
- осуществление расчетов прочности, устойчивости, деформативности в соответствии с нормативными документами, разработанными в развитие настоящих норм и правил, и установление требований к геометрическим параметрам элементов конструкции, характеристикам бетона, армированию;
- осуществление в необходимых случаях расчетов теплоизоляционной, звукоизоляционной способности, огнестойкости, проницаемости, стойкости к воздействиям окружающей среды в соответствии с заданием на проектирование на основе требований соответствующих нормативных документов;
- разработку рабочих чертежей;
- проведение в необходимых случаях экспериментальной проверки (испытаний);
- анализ условий обеспечения долговечности конструкции и проведение в необходимых случаях расчетов на усталость материалов; установление требований по защите от коррозии и от климатических и эксплуатационных воздействий;
- проверку принятых параметров проектируемой конструкции исходя из необходимости сохранения ее целостности (отсутствия прогрессирующего разрушения) при непредусмотренных (случайных) воздействиях;

- утверждение проектных значений параметров конструкции и установление диапазонов допускаемых фактических значений этих параметров на стадиях строительства и эксплуатации проектируемого объекта;

- определение мероприятий по обеспечению соответствия фактических значений параметров конструкции на стадиях строительства (включая изготовление, транспортирование и монтаж) и эксплуатации конструкции, в том числе установление требований, которые должны быть соблюдены при проведении соответствующих технологических процессов и при контроле качества (в том числе после выполнения определенного этапа работ, после которого подлежащие контролю участки конструкции должны быть скрыты в ходе дальнейшей работы), а также при оценке состояния конструкций в процессе эксплуатации;

- установление требований, соблюдение которых уменьшает риск возникновения разрушений в результате случайных воздействий, являющихся результатом серьезных ошибок, совершаемых людьми при проектировании, строительстве и эксплуатации.

Примечания – Использованное в данном пункте выражение «в необходимых случаях» относится к случаям, предусмотренным в соответствующих нормативных документах или алгоритмом проектирования, принятым разработчиками.

4.8 При наличии статистических данных, признаваемых разработчиками достоверными и достаточными для принятия решений в отношении обеспечения безопасности, эксплуатационной пригодности и долговечности конструкций на их основе, допускается предусматривать порядок проектирования, упрощенный по сравнению с предусмотренным в 4.7. Однако требования по проверке принятых проектных значений конструкции по условиям долговечности и сохранения целостности при случайных воздействиях, а также по определению обеспечивающих мероприятий для стадий строительства и эксплуатации являются обязательными.

4.9 Устанавливаемые в проектной документации требования к стадии строительства должны включать:

требования к используемым материалам и элементам заводского или построечного изготовления;

требования к процессу возведения конструкции (устройства основания), в том числе к температурно-влажностным условиям его осуществления, к применяемому технологическому оборудованию и оснастке, к параметрам материалов в момент их укладки, к регулировке положения элементов конструкции, к режимам выдерживания конструкции после окончания выполнения технологических операций, а также к осуществлению приемочного контроля законченных элементов конструкции и конструкции в целом.

4.10 Устанавливаемые в проектной документации требования к стадии эксплуатации должны включать:

пределы допустимого изменения параметров конструкции и ее элементов в процессе эксплуатации;

требования к периодичности осмотров и оценки состояния конструкции;

требования к условиям осуществления ремонтов ремонтируемых элементов и замены неремонтируемых элементов конструкции, в том числе требования безопасности.

4.11 Требования к параметрам конструкции, принятые в результате расчета в проектной документации, должны быть установлены в форме предельных значений этих параметров или в форме номинальных значений с указанием предельных отклонений действительных значений параметров выполненных конструкций от номинальных значений.

5 Характеристики бетона и арматуры

5.1 Нормируемые характеристики бетона

5.1.1 При проектировании бетонных и железобетонных конструкций в соответствии с эксплуатационными требованиями, предъявляемыми к конкретным конструкциям, должны быть установлены вид бетона по [ГОСТ 25192](#), его нормируемые и контролируемые показатели качества, в том числе предусмотренные настоящими нормами и правилами.

Для бетонных и железобетонных конструкций применяют бетоны следующих видов: тяжелые, мелкозернистые, легкие, ячеистые, напрягающие, жаростойкие, химически стойкие, радиационно-защитные, полимербетоны, полистиролбетоны, гидротехнические, дорожные и другие виды бетона. Вид бетона принимают в зависимости от назначения конструкции, конструктивного решения, характера нагрузок и воздействий окружающей среды.

5.1.2 Бетоны предусмотренного в проектной документации вида должны удовлетворять требованиям распространяющихся на них стандартов.

5.1.3 При проектировании бетонных и железобетонных конструкций по результатам расчетов и конструирования должны устанавливаться нормируемые и контролируемые значения характеристик бетона, обеспечивающие безопасность, эксплуатационную пригодность и долговечность конструкций. При этом должны учитываться назначение и принцип работы конструкции, условия ее изготовления и (или) возведения (для элементов сборных конструкций – также транспортирования) и эксплуатации, в том числе различные воздействия окружающей среды.

5.1.4 В качестве основных нормируемых и контролируемых характеристик бетонов должны назначаться:

- класс по прочности на сжатие В;
- класс по прочности на осевое растяжение В_t;
- марка по морозостойкости F;
- марка по водонепроницаемости W;
- марка по средней плотности D.

Класс бетона по прочности на сжатие В соответствует значению прочности бетона на сжатие в МПа, определяемой на кубах 150'150'150 мм в проектном возрасте с обеспеченностью 0,95 (нормативная кубиковая прочность) и принимается в пределах от В 0,5 до В 120.

Класс бетона по прочности на осевое растяжение В_t соответствует значению прочности бетона на осевое растяжение в МПа с обеспеченностью 0,95 (нормативная прочность бетона на растяжение) и принимается в пределах от В_t 0,4 до В_t 6.

Допускается принимать иное значение обеспеченности прочности бетона на сжатие и осевое растяжение для отдельных специальных видов сооружений.

Марка бетона по морозостойкости F соответствует минимальному числу циклов попеременного замораживания и оттаивания, выдерживаемых образцом при стандартном испытании, и принимается в пределах от F15 до F 1000.

Марка бетона по водонепроницаемости W соответствует максимальному значению давления воды (в МПа×10⁻¹), выдерживаемому бетонным образцом при стандартном испытании, и принимается в пределах от W 2 до W 20.

Марка по средней плотности D соответствует среднему значению объемной массы бетона в кг/м³ и принимается в пределах от D 200 до D 5000.

Для напрягающих бетонов устанавливают марку по самонапряжению.

Классы и марки бетона следует назначать в соответствии с их параметрическими рядами, установленными в стандартах на бетоны разных видов.

5.1.5 Проектный возраст бетона, при котором его прочность должна соответствовать классам по прочности на сжатие и по прочности на осевое растяжение, назначают при проектировании исходя из возможных реальных сроков загрузки конструкций

проектными нагрузками, с учетом способа возведения и условий твердения бетона. При отсутствии этих данных за проектный возраст бетона принимают 28 суток.

5.1.6 Нормируемые и контролируемые характеристики бетона следует назначать с учетом следующих положений.

Класс бетона по прочности на сжатие B и марку бетона по средней плотности D назначают во всех случаях.

Класс бетона по прочности на осевое растяжение B_t назначают в случаях, когда эта характеристика является определяющей для обеспечения требуемой прочности и (или) трещиностойкости конструкции и подлежит контролю на производстве.

Марку бетона по морозостойкости F назначают для конструкций, подвергающихся действию попеременного замораживания и оттаивания.

Марку бетона по водонепроницаемости W назначают для конструкций, к которым предъявляют требования по ограничению водопроницаемости.

5.1.7 В соответствии с требованиями нормативных документов на проектируемые здания или сооружения в проектной документации должны устанавливаться дополнительные нормируемые и контролируемые характеристики бетона, в том числе:

- для бетона, в состав которого входят горючие вяжущие или заполнители, – пожарно-технические характеристики по [СНиП РК 2.02-05](#);

- для бетона ограждающих конструкций зданий и сооружений – теплопроводность, сопротивление воздухопроницанию, паропроницаемость, назначаемые по [МСН 2.04-02](#);

- для бетона конструкций, подверженных при эксплуатации воздействию высоких температур – класс по предельно допустимой температуре применения, марка по термостойкости, назначаемые по [ГОСТ 20910](#);

- для бетона конструкций, подверженных при эксплуатации агрессивным воздействиям среды, – показатели проницаемости по [СНиП 2.03.11](#) и (или) характеристики защитных свойств бетона по отношению к арматуре.

5.1.8 В проектной документации на конструкции должны быть установлены требования к значениям показателей бетона, контролируемым на разных стадиях изготовления, в том числе к значениям передаточной, распалубочной, отпускной прочности.

5.1.9 Для бетона, плотность которого нормируется и контролируется в сухом состоянии, в проектной документации должны быть установлены требования к отпускной влажности.

5.1.10 В соответствии с требованиями стандартов и технических условий на бетон конструкций конкретного вида в проектной документации могут устанавливать нормируемые и контролируемые значения показателей деформации усадки, ползучести, выносливости, тепловыделения, призмочной прочности, модуля упругости, коэффициента Пуассона, защитных свойств бетона по отношению к арматуре.

5.1.11 Показатели качества бетона должны быть обеспечены соответствующим проектированием состава бетонной смеси (на основе характеристик материалов для бетона и требований к бетону), технологией приготовления бетона и производства работ.

5.2 Нормативные и расчетные значения прочностных и деформационных характеристик бетона

5.2.1 В качестве основных прочностных характеристик бетона должны использоваться нормативные значения:

- сопротивления бетона осевому сжатию $R_{b,n}$;
- сопротивления бетона осевому растяжению $R_{bt,n}$.

Нормативное значение сопротивления бетона осевому сжатию (призмочная прочность) и нормативное значение сопротивления бетона осевому растяжению следует принимать в зависимости от нормативной кубиковой прочности для соответствующего

вида бетона. Соотношение между нормативными значениями призмной и кубиковой прочности бетона на сжатие, а также соотношение между нормативными значениями прочности бетона на растяжение и прочности бетона на сжатие для соответствующего вида бетона устанавливают в нормативных документах по расчету бетонных и железобетонных конструкций. При расчетах конструкций, осуществляемых в условиях налаженного производства бетона, эти соотношения могут устанавливаться по результатам стандартных испытаний.

5.2.2 В качестве основных деформационных характеристик бетона должны использоваться нормативные значения:

- предельных относительных деформаций бетона при осевом сжатии и растяжении $\varepsilon_{b0,n}$ и $\varepsilon_{bt0,n}$;
- начального модуля упругости бетона $E_{b,n}$.

Кроме того, устанавливают следующие деформационные характеристики:

- начальный коэффициент поперечной деформации бетона ν ;
- модуль сдвига бетона G ;
- коэффициент температурной деформации бетона α_{bt} ;
- относительные деформации ползучести бетона ε_{cr} (или соответствующие им характеристику ползучести $\varphi_{b,cr}$, меру ползучести $C_{b,cr}$);
- относительные деформации усадки бетона ε_{shr} .

Нормативные значения предельных относительных деформаций бетона при осевом сжатии и растяжении и начального модуля упругости бетона устанавливают в зависимости от вида бетона, класса бетона по прочности на сжатие, марки бетона по плотности, а также в зависимости от технологических параметров бетона, если они известны (состава и характеристики бетонной смеси, способов твердения бетона и других параметров).

5.2.3 В качестве обобщенной характеристики механических свойств бетона при одноосном напряженном состоянии следует принимать нормативную диаграмму состояния (деформирования) бетона, устанавливающую связь между напряжениями $\sigma_{b,n}$ ($\sigma_{bt,n}$) и продольными относительными деформациями $\varepsilon_{b,n}$ ($\varepsilon_{bt,n}$) сжатого (растянутого) бетона при кратковременном действии однократно приложенной нагрузки вплоть до установленных их предельных значений, отвечающих разрушению бетона при однородном и неоднородном напряженном состоянии.

В общем случае диаграмма состояния бетона имеет криволинейное очертание с ниспадающей ветвью. Для практических расчетов принимают упрощенные диаграммы, состоящие из отдельных прямолинейных наклонных и горизонтальных участков.

Нормативные диаграммы состояния бетона определяют базовыми точками с нормативными значениями напряжений и относительных деформаций.

Нормативные диаграммы состояния бетона устанавливают в нормативных документах по расчету бетонных и железобетонных конструкций. При расчетах конструкций, осуществляемых в условиях налаженного производства бетона, эти соотношения могут устанавливаться по результатам стандартных испытаний.

5.2.4 Основными расчетными прочностными характеристиками бетона, используемыми в расчете, являются расчетные значения сопротивления бетона:

- осевому сжатию R_b ;
- осевому растяжению R_{bt} .

Расчетные значения прочностных характеристик бетона следует определять делением нормативных значений сопротивления бетона осевому сжатию и растяжению на соответствующие коэффициенты надежности по бетону при сжатии и растяжении.

Значения коэффициентов надежности следует принимать в зависимости от вида бетона, расчетной характеристики бетона, рассматриваемого предельного состояния, но не менее:

для коэффициента надежности по бетону при сжатии -

1,3 – для предельных состояний первой группы;

1,0 – для предельных состояний второй группы;

для коэффициента надежности по бетону при растяжении -

1,5 – для предельных состояний первой группы при назначении класса бетона по прочности на сжатие;

1,3 – то же, при назначении класса бетона по прочности на осевое растяжение;

1,0 – для предельных состояний второй группы.

Расчетные значения основных деформационных характеристик бетона для предельных состояний первой и второй групп следует принимать равными их нормативным значениям.

Влияние характера нагрузки, окружающей среды, напряженного состояния бетона, конструктивных особенностей элемента и других факторов, не отражаемых непосредственно в расчетах, следует учитывать в расчетных прочностных и деформационных характеристиках бетона коэффициентами условий работы бетона γ_{bi} .

5.2.5 Расчетные диаграммы состояния (деформирования) бетона следует определять путем замены нормативных значений параметров базовых точек диаграмм на их соответствующие расчетные значения согласно п.5.2.4.

При определении расчетных параметров диаграмм следует учитывать влияние характера нагружения и окружающей среды, вида напряженного состояния и другие факторы, влияющие на диаграммы состояния бетона.

5.2.6 Значения прочностных характеристик бетона при плоском (двухосном) или объемном (трехосном) напряженном состоянии следует определять с учетом вида и класса бетона из критерия, выражающего связь между предельными значениями напряжений, действующих в двух или трех взаимно перпендикулярных направлениях.

Деформации бетона следует определять с учетом плоского или объемного напряженных состояний.

5.2.7 Характеристики бетона - матрицы в дисперсно-армированных конструкциях принимают как для бетонных и железобетонных конструкций ([раздел 5.1](#)).

Характеристики фибробетона в фибробетонных конструкциях устанавливаются в зависимости от характеристик бетона, относительного содержания, формы, размеров и расположения фибр в бетоне, их сцепления с бетоном и физико-механических свойств, а также в зависимости от размеров элемента или конструкции.

5.3 Нормируемые характеристики арматуры

5.3.1 При проектировании железобетонных конструкций в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ним, должны быть установлены вид арматуры, ее нормируемые и контролируемые показатели качества.

5.3.2 Для железобетонных конструкций следует применять следующие виды арматуры, предусмотренные соответствующими стандартами:

- горячекатаную гладкую и периодического профиля диаметром 3–80 мм;

- термомеханически упрочненную периодического профиля диаметром 6–40 мм;

- механически упрочненную в холодном состоянии (холоднодеформированную) периодического профиля или гладкую, диаметром 3–12 мм;

- арматурные канаты диаметром 6–15 мм;

- неметаллическую композитную арматуру.

Кроме того, в большепролетных конструкциях могут быть применены стальные канаты (спиральные, двойной свивки, закрытые).

Для дисперсного армирования бетона следует применять фибру или частые сетки.

Для сталежелезобетонных конструкций (конструкций, состоящих из стальных и железобетонных элементов) применяют стальной листовой и профильный прокат, гнутые профили и трубы.

5.3.3 Вид арматуры следует принимать в зависимости от назначения конструкции, конструктивного решения, характера нагрузок и воздействий окружающей среды.

5.3.4 Основным нормируемым и контролируемым показателем качества стальной арматуры является класс арматуры по прочности на растяжение, обозначаемый:

А – для горячекатаной и термомеханически упрочненной арматуры;

В – для холоднодеформированной арматуры;

К – для арматурных канатов.

Классы арматуры соответствуют гарантированному значению предела текучести (физического или условного) в МПа с обеспеченностью не менее 0,95 и принимаются в пределах от А 240 до А 1500, от В500 до В2000 и от К1400 до К2500.

Классы арматуры следует назначать в соответствии с их параметрическими рядами, установленными в соответствующих стандартах.

5.3.5 Кроме требований по прочности на растяжение, к арматуре предъявляют также требования по дополнительным показателям, определяемым по соответствующим стандартам: свариваемость, выносливость, пластичность, стойкость против коррозионного растрескивания, релаксационная стойкость, хладостойкость, стойкость при высоких температурах, относительное удлинение при разрыве и др.

К неметаллической арматуре (в том числе фибре) предъявляют также требования по щелочестойкости и адгезии к бетону.

5.3.6 Необходимые показатели принимают при проектировании железобетонных конструкций в соответствии с требованиями расчетов и изготовления, а также в соответствии с условиями эксплуатации конструкций с учетом различных воздействий окружающей среды.

5.4 Нормативные и расчетные значения прочностных и деформационных характеристик арматуры

5.4.1 Основными показателями прочности и деформативности арматуры являются нормативные значения их прочностных и деформационных характеристик.

Основной прочностной характеристикой арматуры при растяжении (сжатии) является нормативное значение сопротивления $R_{s,n}$, равное значению физического предела текучести или условного, соответствующего остаточному удлинению (укорочению), равному 0,2 %. Кроме того, нормативные значения сопротивления арматуры при сжатии ограничивают значениями, отвечающими деформациям, равным предельным относительным деформациям укорочения бетона, окружающего рассматриваемую сжатую арматуру.

Основными деформационными характеристиками арматуры являются нормативные значения:

- относительных деформаций удлинения арматуры $\varepsilon_{s0,n}$ при достижении напряжениями нормативных значений $R_{s,n}$;
- модуля упругости арматуры $E_{s,n}$.

Для арматуры с физическим пределом текучести нормативные значения относительной деформации удлинения арматуры $\varepsilon_{s0,n}$ определяют как упругие относительные деформации при нормативных значениях сопротивления арматуры и ее модуля упругости.

Для арматуры с условным пределом текучести нормативные значения относительной деформации удлинения арматуры $\varepsilon_{s0,n}$ определяют как сумму остаточного удлинения арматуры, равного 0,2 %, и упругих относительных деформаций при напряжении, равном условному пределу текучести.

Для сжатой арматуры нормативные значения относительной деформации укорочения принимают такими же, как при растяжении, за исключением специально оговоренных случаев, но не более предельных относительных деформаций укорочения бетона.

Нормативные значения модуля упругости арматуры при сжатии и растяжении принимают одинаковыми и устанавливают для соответствующих видов и классов арматуры.

5.4.2 В качестве обобщенной характеристики механических свойств арматуры следует принимать нормативную диаграмму состояния (деформирования) арматуры, устанавливающую связь между напряжениями $\sigma_{s,n}$ и относительными деформациями $\varepsilon_{s,n}$ арматуры при кратковременном действии однократно приложенной нагрузки (согласно стандартным испытаниям) вплоть до достижения их установленных нормативных значений.

Диаграммы состояния арматуры при растяжении и сжатии принимают одинаковыми, за исключением случаев, когда рассматривается работа арматуры, в которой ранее были неупругие деформации противоположного знака.

Характер диаграммы состояния арматуры устанавливают в зависимости от вида арматуры.

5.4.3 Расчетные значения сопротивления арматуры R_s определяют делением нормативных значений сопротивления арматуры на коэффициент надежности по арматуре.

Значения коэффициента надежности следует принимать в зависимости от класса арматуры и рассматриваемого предельного состояния, но не менее:

при расчете по предельным состояниям первой группы – 1,1;

при расчете по предельным состояниям второй группы – 1,0.

Расчетные значения модуля упругости арматуры E_s принимают равными их нормативным значениям.

Влияние характера нагрузки, окружающей среды, напряженного состояния арматуры, технологических факторов и других условий работы, не отражаемых непосредственно в расчетах, следует учитывать в расчетных прочностных и деформационных характеристиках арматуры коэффициентами условий работы арматуры γ_{si} .

5.4.4 Расчетные диаграммы состояния арматуры следует определять путем замены нормативных значений параметров диаграмм на их соответствующие расчетные значения, принимаемые по указаниям 5.4.3.

6 Требования к расчету бетонных и железобетонных конструкций

6.1 Общие положения

6.1.1 Расчеты бетонных и железобетонных конструкций следует производить в соответствии с требованиями [ГОСТ 27751](#) по методу предельных состояний, к которым относятся:

- предельные состояния первой группы, приводящие к полной непригодности эксплуатации конструкций;

- предельные состояния второй группы, затрудняющие нормальную эксплуатацию конструкций или уменьшающие долговечность зданий и сооружений по сравнению с расчетной.

Расчеты должны обеспечивать конструкции зданий и сооружений от наступления предельных состояний в течение всего срока службы, а также при производстве работ, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ним.

6.1.2 Расчеты по предельным состояниям первой группы включают:

- расчет по прочности;

- расчет по устойчивости формы (для тонкостенных конструкций);

- расчет по устойчивости положения (опрокидывание, скольжение, всплывание).

Расчеты по прочности бетонных и железобетонных конструкций следует производить из условия, по которому усилия, напряжения и деформации в конструкциях от различных воздействий с учетом начального напряженного состояния (преднапряжение, температурные и другие воздействия) не должны превышать значений, которые могут быть восприняты конструкцией.

При расчете по прочности следует производить расчеты по огнестойкости и огнесохранности по соответствующим нормативным документам.

Расчеты по устойчивости формы конструкции, а также по устойчивости положения (с учетом совместной работы конструкции и основания, их деформационных свойств, сопротивления сдвигу по контакту с основанием и других особенностей) производят согласно указаниям нормативных документов на отдельные виды конструкций.

В необходимых случаях в зависимости от вида и назначения конструкции должны быть произведены расчеты по предельным состояниям, связанным с явлениями, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации (чрезмерные деформации, сдвиги в соединениях и другие явления).

6.1.3 Расчеты по предельным состояниям второй группы включают:

- расчет по образованию трещин;
- расчет по раскрытию трещин;
- расчет по деформациям.

Расчет бетонных и железобетонных конструкций по образованию трещин производят из условия, по которому усилия, напряжения или деформации в конструкциях от различных воздействий не должны превышать соответствующих их предельных значений, воспринимаемых конструкцией при образовании трещин.

Расчет железобетонных конструкций по раскрытию трещин производят из условия, по которому ширина раскрытия трещин в конструкции от различных воздействий не должна превышать предельно допустимых значений, устанавливаемых в зависимости от требований, предъявляемых к конструкции, условий ее эксплуатации, воздействия окружающей среды и характеристик материалов с учетом особенностей коррозионного поведения арматуры.

Расчет бетонных и железобетонных конструкций по деформациям производят из условия, по которому прогибы, углы поворота, перемещения и амплитуды колебания конструкций от различных воздействий не должны превышать соответствующих предельно допустимых значений.

Для конструкций, в которых не допускается образование трещин, должны быть обеспечены требования по отсутствию трещин. В этом случае расчет по раскрытию трещин не производят.

Для остальных конструкций, в которых допускается образование трещин, расчет по образованию трещин производят для определения необходимости расчета по раскрытию трещин и учета трещин при расчете по деформациям.

6.1.4 Расчет бетонных и железобетонных конструкций по долговечности (исходя из расчетов по предельным состояниям первой и второй групп) производят из условия, по которому при заданных характеристиках конструкции (размерах, количестве арматуры и других), показателях качества бетона (прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, коррозионной стойкости, температуростойкости и других) и арматуры (прочности, коррозионной стойкости и других) с учетом влияния окружающей среды продолжительность межремонтного периода и срока службы конструкции, здания или сооружения должны быть не менее установленных для конкретных типов зданий и сооружений.

Кроме того, в необходимых случаях следует производить расчеты по теплопроводности, звукоизоляции, биологической защите и другим параметрам.

6.1.5 Расчет бетонных и железобетонных конструкций (линейных, плоскостных, пространственных, массивных) по предельным состояниям первой и второй групп производят по напряжениям, усилиям, деформациям и перемещениям, вычисленным от внешних воздействий в конструкциях и образуемых ими системах зданий и сооружений с учетом физической нелинейности (неупругих деформаций бетона и арматуры), возможного образования трещин и в необходимых случаях - анизотропии, накопления повреждений и геометрической нелинейности (влияние деформаций на изменение усилий в конструкциях).

Физическую нелинейность и анизотропию следует учитывать в определяющих соотношениях, связывающих между собой напряжения и деформации (или усилия и перемещения), а также в условиях прочности и трещиностойкости материала.

В статически неопределимых конструкциях следует учитывать перераспределение усилий в элементах системы вследствие образования трещин и развития неупругих деформаций в бетоне и арматуре вплоть до возникновения предельного состояния в элементе. При отсутствии методов расчета, учитывающих неупругие свойства железобетона, или данных о неупругой работе железобетонных элементов, допускается производить определение усилий и напряжений в статически неопределимых конструкциях и системах в предположении упругой работы железобетонных элементов. При этом рекомендуется учитывать влияние физической нелинейности путем корректировки результатов линейного расчета на основе данных экспериментальных исследований, нелинейного моделирования, результатов расчета аналогичных объектов и экспертных оценок.

6.1.6 При расчете конструкций по прочности, деформациям, образованию и раскрытию трещин на основе метода конечных элементов (используемого в программных комплексах ЭВМ) должны быть проверены условия прочности и трещиностойкости для всех конечных элементов, составляющих конструкцию, а также условия возникновения чрезмерных перемещений конструкции. При оценке предельного состояния по прочности допускается полагать отдельные конечные элементы разрушенными, если это не влечет за собой прогрессирующего разрушения здания или сооружения и по истечении действия рассматриваемой нагрузки эксплуатационная пригодность здания или сооружения сохраняется или может быть восстановлена.

Расчет различных бетонных и железобетонных конструкций методом конечных элементов (МКЭ) производят с использованием соответствующей матрицы жесткости конечных элементов. Матрицу жесткости конечных элементов устанавливают на основе общих моделей деформирования и прочности бетона и железобетона при различных напряженных состояниях конструкций. Особенности деформирования и разрушения конструкций с различным видом напряженного состояния учитывают в физических соотношениях, представляющих собой связь относительных деформаций и напряжений.

6.1.7 Определение предельных усилий и деформаций в бетонных и железобетонных конструкциях следует производить на основе расчетных схем (моделей), наиболее близко отвечающих реальному физическому характеру работы конструкций и материалов в рассматриваемом предельном состоянии.

Несущую способность железобетонных конструкций, способных претерпевать достаточные пластические деформации (в частности, при использовании арматуры с физическим пределом текучести), допускается определять методом предельного равновесия.

6.1.8 Расчеты бетонных и железобетонных конструкций следует производить на все виды нагрузок, отвечающих функциональному назначению зданий и сооружений, с учетом влияния окружающей среды (климатических воздействий и воды – для конструкций, окруженных водой), а в необходимых случаях – с учетом воздействия пожара, технологических температурных и влажностных воздействий и воздействий

агрессивных химических сред. При этом следует рассматривать различные расчетные ситуации в соответствии с [ГОСТ 27751](#).

6.1.9 Расчеты бетонных и железобетонных конструкций производят на действие изгибающих моментов, продольных сил, поперечных сил и крутящих моментов, а также на местное действие нагрузки.

6.1.10 При расчетах бетонных и железобетонных конструкций следует учитывать особенности свойств различных видов бетона и арматуры, влияния на них характера нагрузки и окружающей среды, способов армирования, совместность работы арматуры и бетона (при наличии и отсутствии сцепления арматуры с бетоном), технологии изготовления конструктивных типов железобетонных элементов зданий и сооружений.

6.1.11 Расчет предварительно напряженных конструкций производят с учетом начальных (предварительных) напряжений и деформаций в арматуре и бетоне, потерь предварительного напряжения и особенностей передачи предварительного напряжения на бетон.

6.1.12 Расчет сборно-монолитных и сталежелезобетонных конструкций производят с учетом начальных напряжений и деформаций, полученных сборными железобетонными или стальными несущими элементами от действия нагрузок при укладке монолитного бетона до набора его прочности и обеспечения совместной работы со сборными железобетонными или стальными несущими элементами. При расчете сборно-монолитных и сталежелезобетонных конструкций должна быть обеспечена прочность контактных швов сопряжения сборных железобетонных и стальных несущих элементов с монолитным бетоном, осуществляемых за счет трения, сцепления по контакту материалов или путем устройства шпоночных соединений, выпусков арматуры и специальных анкерных устройств.

В монолитных конструкциях должна быть обеспечена прочность конструкции с учетом рабочих швов бетонирования.

6.1.13 При расчете сборных конструкций должна быть обеспечена прочность узловых и стыковых сопряжений сборных элементов, осуществленных путем соединения стальных закладных деталей, выпусков арматуры и замоноличивания бетоном.

6.1.14 Расчет дисперсно-армированных конструкций (фибробетонных, армоцементных) производят с учетом характеристик дисперсно-армированного бетона, дисперсной арматуры и особенностей работы дисперсно-армированных конструкций.

6.1.15 При расчете плоских и пространственных конструкций, подвергаемых силовым воздействиям в двух взаимно перпендикулярных направлениях, рассматривают отдельные, выделенные из конструкции плоские или пространственные малые характерные элементы с усилиями, действующими по боковым сторонам элемента. При наличии трещин эти усилия определяют с учетом расположения трещин, жесткости арматуры (осевой и тангенциальной), жесткости бетона (между трещинами и в трещинах) и других особенностей. При отсутствии трещин усилия определяют как для сплошного тела.

Допускается при наличии трещин определять усилия в предположении упругой работы железобетонного элемента.

Расчет элементов следует производить по наиболее опасным сечениям, расположенным под углом по отношению к направлению действующих на элемент усилий, на основе расчетных моделей, учитывающих работу растянутой арматуры в трещине и работу бетона между трещинами в условиях плоского напряженного состояния.

Расчет плоских и пространственных конструкций допускается производить для конструкции в целом на основе метода предельного равновесия, в том числе с учетом деформированного состояния к моменту разрушения, а также с использованием упрощенных расчетных моделей.

6.1.16 При расчете массивных конструкций, подвергаемых силовым воздействиям в трех взаимно перпендикулярных направлениях, рассматривают условно выделенные из

конструкции малые объемные характерные элементы с усилиями, действующими по граням элемента. При этом усилия определяют на основе предпосылок, аналогичным принятым для плоскостных элементов (п.6.1.15).

Расчет элементов производят по наиболее опасным сечениям, расположенным под углом по отношению к направлению действующих на элемент усилий, на основе расчетных моделей, учитывающих работу бетона и арматуры в условиях объемного напряженного состояния.

6.1.17 Для конструкций сложной конфигурации (например, пространственных), кроме расчетных методов оценки несущей способности, трещиностойкости и деформативности, могут быть использованы также результаты испытания физических моделей.

6.2 Расчет бетонных и железобетонных элементов по прочности

6.2.1 Расчет бетонных и железобетонных элементов по прочности производят:

- по нормальным сечениям (при действии изгибающих моментов и продольных сил) по нелинейной деформационной модели, а для простых по конфигурации элементов - по предельным усилиям;

- по наклонным сечениям (при действии поперечных сил), по пространственным сечениям (при действии крутящих моментов), на местное действие нагрузки (местное сжатие, продавливание) - по предельным усилиям.

Расчет по прочности коротких железобетонных элементов (коротких консолей и других элементов) производят на основе каркасно-стержневой модели.

6.2.2 Расчет по прочности бетонных и железобетонных элементов по предельным усилиям производят из условия, по которому усилие F от внешних нагрузок и воздействий в рассматриваемом сечении не должно превышать предельного усилия F_{ult} , которое может быть воспринято элементом в этом сечении

$$F \leq F_{ult}.$$

(6.1)

Расчет бетонных элементов по прочности

6.2.3 Бетонные элементы в зависимости от условий их работы и требований, предъявляемых к ним, следует рассчитывать по нормальным сечениям по предельным усилиям без учета (6.2.4) или с учетом (6.2.5) сопротивления бетона растянутой зоны.

6.2.4 Без учета сопротивления бетона растянутой зоны производят расчет внецентренно сжатых бетонных элементов при значениях эксцентриситета продольной силы, не превышающих 0,9 расстояния от центра тяжести сечения до наиболее сжатого волокна. При этом предельное усилие, которое может быть воспринято элементом, определяют по расчетным сопротивлениям бетона сжатию R_b , равномерно распределенным по условной сжатой зоне сечения с центром тяжести, совпадающим с точкой приложения продольной силы.

Для массивных бетонных конструкций гидротехнических сооружений следует принимать в сжатой зоне треугольную эпюру напряжений, не превышающих расчетного значения сопротивления бетона сжатию R_b . При этом эксцентриситет продольной силы относительно центра тяжести сечения не должен превышать 0,65 расстояния от центра тяжести до наиболее сжатого волокна бетона.

6.2.5 С учетом сопротивления бетона растянутой зоны производят расчет внецентренно сжатых бетонных элементов с эксцентриситетом продольной силы, большим указанных в 6.2.4, изгибаемых бетонных элементов (которые допускаются к применению), а также внецентренно сжатых элементов с эксцентриситетом продольной силы, указанным в 6.2.4, но в которых по условиям эксплуатации не допускается

образование трещин. При этом предельное усилие, которое может быть воспринято сечением элемента, определяют как для упругого тела при максимальных растягивающих напряжениях, равных расчетному значению сопротивления бетона растяжению R_{bt} .

6.2.6 При расчете внецентренно сжатых бетонных элементов следует учитывать влияние продольного изгиба и случайных эксцентриситетов.

Расчет железобетонных элементов по прочности нормальных сечений

6.2.7 Расчет железобетонных элементов по предельным усилиям следует производить, определяя предельные усилия, которые могут быть восприняты бетоном и арматурой в нормальном сечении, из следующих положений:

- сопротивление бетона растяжению принимают равным нулю;
- сопротивление бетона сжатию представляется напряжениями, равными расчетному сопротивлению бетона сжатию и равномерно распределенными по условной сжатой зоне бетона;
- растягивающие и сжимающие напряжения в арматуре принимаются не более расчетного сопротивления соответственно растяжению и сжатию.

6.2.8 Расчет железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели производят на основе диаграмм состояния бетона и арматуры исходя из гипотезы плоских сечений. Критерием прочности нормальных сечений является достижение предельных относительных деформаций в бетоне или арматуре.

6.2.9 При расчете внецентренно сжатых элементов следует учитывать случайный эксцентриситет и влияние продольного изгиба.

Расчет железобетонных элементов по прочности наклонных сечений

6.2.10 Расчет железобетонных элементов по прочности наклонных сечений производят: по наклонному сечению на действие поперечной силы, по наклонному сечению на действие изгибающего момента и по полосе между наклонными сечениями на действие поперечной силы.

6.2.11 При расчете железобетонного элемента по прочности наклонного сечения на действие поперечной силы предельную поперечную силу, которая может быть воспринята элементом в наклонном сечении, следует определять как сумму предельных поперечных сил, воспринимаемых бетоном в наклонном сечении и поперечной арматурой, пересекающей наклонное сечение.

6.2.12 При расчете железобетонного элемента по прочности наклонного сечения на действие изгибающего момента предельный момент, который может быть воспринят элементом в наклонном сечении, следует определять как сумму предельных моментов, воспринимаемых пересекающей наклонное сечение продольной и поперечной арматурой, относительно оси, проходящей через точку приложения равнодействующей усилий в сжатой зоне.

6.2.13 При расчете железобетонного элемента по полосе между наклонными сечениями на действие поперечной силы предельную поперечную силу, которая может быть воспринята элементом, следует определять исходя из прочности наклонной бетонной полосы, находящейся под воздействием сжимающих усилий вдоль полосы и растягивающих усилий от поперечной арматуры, пересекающей наклонную полосу.

Расчет железобетонных элементов по прочности пространственных сечений

6.2.14 При расчете железобетонных элементов по прочности пространственных сечений предельный крутящий момент, который может быть воспринят элементом, следует определять как сумму предельных крутящих моментов, воспринимаемых

продольной и поперечной арматурой, расположенной у каждой грани элемента и пересекающей пространственное сечение. Кроме того, следует производить расчет по прочности железобетонного элемента по бетонной полосе, расположенной между пространственными сечениями и находящейся под воздействием сжимающих усилий вдоль полосы и растягивающих усилий от поперечной арматуры, пересекающей полосу.

Расчет железобетонных элементов на местное действие нагрузки

6.2.15 При расчете железобетонных элементов на местное сжатие предельную сжимающую силу, которая может быть воспринята элементом, следует определять исходя из сопротивления бетона при объемном напряженном состоянии, создаваемым окружающим бетоном и косвенной арматурой, если она установлена.

6.2.16 Расчет на продавливание производят для плоских железобетонных элементов (плит) при действии сосредоточенных силы и момента в зоне продавливания. Предельное усилие, которое может быть воспринято железобетонным элементом при продавливании, следует определять как сумму предельных усилий, воспринимаемых бетоном и поперечной арматурой, расположенной в зоне продавливания.

SUB6036.3 Расчет железобетонных элементов по образованию трещин

6.3.1 Расчет железобетонных элементов по образованию нормальных трещин производят по предельным усилиям или по нелинейной деформационной модели. Расчет по образованию наклонных трещин производят по предельным усилиям.

6.3.2 Расчет по образованию трещин железобетонных элементов по предельным усилиям производят из условия, по которому усилие F от внешних нагрузок и воздействий в рассматриваемом сечении не должно превышать предельного усилия F_{crc} , которое может быть воспринято железобетонным элементом при образовании трещин

$$F \leq F_{crc,ult}. \quad (6.2)$$

6.3.3 Предельное усилие, воспринимаемое железобетонным элементом при образовании нормальных трещин, следует определять исходя из расчета железобетонного элемента как сплошного тела с учетом упругих деформаций в арматуре и неупругих деформаций в растянутом и сжатом бетоне при максимальных нормальных растягивающих напряжениях в бетоне, равных расчетным значениям сопротивления бетона растяжению R_{br} .

6.3.4 Расчет железобетонных элементов по образованию нормальных трещин по нелинейной деформационной модели производят на основе диаграмм состояния арматуры, растянутого и сжатого бетона и гипотезы плоских сечений. Критерием образования трещин является достижение предельных относительных деформаций в растянутом бетоне.

6.3.5 Предельное усилие, которое может быть воспринято железобетонным элементом при образовании наклонных трещин, следует определять исходя из расчета железобетонного элемента как сплошного упругого тела и критерия прочности бетона при плоском напряженном состоянии «сжатие – растяжение».

SUB6046.4 Расчет железобетонных элементов по раскрытию трещин

6.4.1 Расчет железобетонных элементов производят по раскрытию различного вида трещин в тех случаях, когда расчетная проверка на образование трещин показывает, что трещины образуются.

6.4.2 Расчет по раскрытию трещин производят из условия, по которому ширина раскрытия трещин от внешней нагрузки a_{crc} не должна превосходить предельно допустимого значения ширины раскрытия трещин $a_{crc,ult}$

$$a_{crc} \leq a_{crc,ult}. \quad (6.3)$$

6.4.3 Расчет железобетонных элементов следует производить по продолжительному и по непродолжительному раскрытию нормальных и наклонных трещин.

Ширину продолжительного раскрытия трещин определяют по формуле

$$a_{crc} = a_{crc1}, \quad (6.4)$$

а непродолжительного раскрытия трещин – по формуле

$$a_{crc} = a_{crc1} + a_{crc2} - a_{crc3}, \quad (6.5)$$

где a_{crc1} – ширина раскрытия трещин от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок;

a_{crc2} – ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянных и временных (длительных и кратковременных) нагрузок;

a_{crc3} – ширина раскрытия трещин от непродолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок.

6.4.4 Ширину раскрытия нормальных трещин определяют как произведение средних относительных деформаций арматуры на участке между трещинами и длины этого участка. Средние относительные деформации арматуры между трещинами определяют с учетом работы растянутого бетона между трещинами. Относительные деформации арматуры в трещине определяют из условно упругого расчета железобетонного элемента с трещинами с использованием приведенного модуля деформации сжатого бетона, установленного с учетом влияния неупругих деформаций бетона сжатой зоны, или по нелинейной деформационной модели. Расстояние между трещинами определяют из условия, по которому разность усилий в продольной арматуре в сечении с трещиной и между трещинами должна быть воспринята усилиями сцепления арматуры с бетоном на длине этого участка.

Ширину раскрытия нормальных трещин следует определять с учетом характера действия нагрузки (повторяемости, длительности и т.п.) и вида профиля арматуры.

6.4.5 Предельно допустимую ширину раскрытия трещин следует устанавливать исходя из эстетических соображений, наличия требований к проницаемости конструкций, а также в зависимости от длительности действия нагрузки, вида арматурной стали и ее склонности к развитию коррозии в трещине.

При этом предельно допустимое значение ширины раскрытия трещин $a_{crc,ult}$ следует принимать не более:

- а) из условия сохранности арматуры:
 - 0,3 мм – при продолжительном раскрытии трещин;
 - 0,4 мм – при непродолжительном раскрытии трещин;
- б) из условия ограничения проницаемости конструкций:
 - 0,2 мм – при продолжительном раскрытии трещин;
 - 0,3 мм – при непродолжительном раскрытии трещин.

Для массивных гидротехнических сооружений предельно допустимые значения ширины раскрытия трещин устанавливают по соответствующим нормативным документам в зависимости от условий работы конструкций и других факторов, но не более 0,5 мм.

6.5 Расчет железобетонных элементов по деформациям

6.5.1 Расчет железобетонных элементов по деформациям производят из условия, по которому прогибы или перемещения конструкций f от действия внешней нагрузки не должны превышать предельно допустимых значений прогибов или перемещений f_{ult}

$$f \leq f_{ult}. \quad (6.6)$$

6.5.2 Прогибы или перемещения железобетонных конструкций определяют по общим правилам строительной механики в зависимости от изгибных, сдвиговых и осевых деформационных (жесткостных) характеристик железобетонного элемента в сечениях по его длине (кривизны, углов сдвига и т.д.).

6.5.3 В тех случаях, когда прогибы железобетонных элементов в основном зависят от изгибных деформаций, значения прогибов определяют по жесткостям или по кривизнам элементов.

Жесткость рассматриваемого сечения железобетонного элемента определяют по общим правилам сопротивления материалов: для сечения без трещин – как для условно упругого сплошного элемента, а для сечения с трещинами – как для условно упругого элемента с трещинами (принимая линейную зависимость между напряжениями и деформациями). Влияние неупругих деформаций бетона учитывают с помощью приведенного модуля деформаций бетона, а влияние работы растянутого бетона между трещинами – с помощью приведенного модуля деформаций арматуры.

Кривизну железобетонного элемента определяют как частное от деления изгибающего момента на жесткость железобетонного сечения при изгибе.

Расчет деформаций железобетонных конструкций с учетом трещин производят в тех случаях, когда расчетная проверка на образование трещин показывает, что трещины образуются. В противном случае производят расчет деформаций как для железобетонного элемента без трещин.

Кривизну и продольные деформации железобетонного элемента также определяют по нелинейной деформационной модели исходя из уравнений равновесия внешних и внутренних усилий, действующих в нормальном сечении элемента, гипотезы плоских сечений, диаграмм состояния бетона и арматуры и средних деформаций арматуры между трещинами.

6.5.4 Расчет деформаций железобетонных элементов следует производить с учетом длительности действия нагрузок, устанавливаемых соответствующими нормативными документами.

Кривизну элементов при действии постоянных и длительных нагрузок следует определять по формуле

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1}, \quad (6.7)$$

а кривизну при действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок – по формуле

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}, \quad (6.8)$$

где $\frac{1}{r_1}$ – кривизна элемента от продолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок;

$\frac{1}{r_2}$ – кривизна элемента от непродолжительного действия постоянных и временных (длительных и кратковременных) нагрузок;

$\frac{1}{r_3}$ – кривизна элемента от непродолжительного действия постоянных и временных длительных нагрузок.

6.5.5 Предельно допустимые прогибы f_{ult} определяют по соответствующим нормативным документам (СНиП 2.01.07). При действии постоянных и временных длительных и кратковременных нагрузок прогиб железобетонных элементов во всех случаях не должен превышать 1/150 пролета и 1/75 вылета консоли.

SUB7007 Конструктивные требования

7.1 Общие положения

7.1.1 Для обеспечения безопасности и эксплуатационной пригодности бетонных и железобетонных конструкций помимо требований к расчету следует также выполнять конструктивные требования к геометрическим размерам и армированию.

Конструктивные требования устанавливают для тех случаев, когда:

расчетом не представляется возможным достаточно точно и определенно полностью гарантировать сопротивление конструкции внешним нагрузкам и воздействиям;

конструктивные требования определяют граничные условия, в пределах которых могут быть использованы принятые расчетные положения;

конструктивные требования обеспечивают выполнение технологии изготовления бетонных и железобетонных конструкций.

SUB7027.2 Требования к геометрическим размерам

Геометрические размеры бетонных и железобетонных конструкций должны быть не менее величин, обеспечивающих:

- возможность размещения арматуры, ее анкеровки и совместной работы с бетоном с учетом требований 7.3.3–7.3.11;

- ограничение гибкости сжатых элементов;

- требуемые показатели качества бетона в конструкции

7.3 Требования к армированию

Защитный слой бетона

7.3.1 Защитный слой бетона должен обеспечивать:

- совместную работу арматуры с бетоном;

- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;

- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды (в том числе при наличии агрессивных воздействий);

- огнестойкость конструкций.

7.3.2 Толщину защитного слоя бетона следует принимать исходя из требований 7.3.1 с учетом роли арматуры в конструкциях (рабочая или конструктивная), типа конструкций (колонны, плиты, балки, элементы фундаментов, стены и т.п.), диаметра и вида арматуры.

Толщину защитного слоя бетона для арматуры принимают не менее диаметра арматуры и не менее 10 мм.

Минимальное расстояние между стержнями арматуры

7.3.3 Расстояние между стержнями арматуры следует принимать не менее величины, обеспечивающей:

- совместную работу арматуры с бетоном;
- возможность анкеровки и стыкования арматуры;
- возможность качественного бетонирования конструкции.

7.3.4 Минимальное расстояние между стержнями арматуры в свету следует принимать в зависимости от диаметра арматуры, размера крупного заполнителя бетона, расположения арматуры в элементе по отношению к направлению бетонирования, способа укладки и уплотнения бетона.

Расстояние между стержнями арматуры следует принимать не менее диаметра арматуры и не менее 25 мм.

При стесненных условиях допускается располагать стержни арматуры группами-пучками (без зазора между стержнями). При этом расстояние в свету между пучками следует принимать не менее приведенного диаметра условного стержня, площадь которого равна площади сечения пучка арматуры.

Продольная арматура

7.3.5 Относительное содержание расчетной продольной арматуры в железобетонном элементе (отношение площади сечения арматуры к рабочей площади поперечного сечения элемента) следует принимать не менее величины, при которой элемент можно рассматривать и рассчитывать как железобетонный.

Минимальное относительное содержание рабочей продольной арматуры в железобетонном элементе определяют в зависимости от характера работы арматуры (сжатая, растянутая), характера работы элемента (изгибаемый, внецентренно сжатый, внецентренно растянутый) и гибкости внецентренно сжатого элемента, но не менее 0,1 %. Для массивных гидротехнических сооружений меньшие значения относительного содержания арматуры устанавливаются по специальным нормативным документам.

7.3.6 Расстояние между стержнями продольной рабочей арматуры следует принимать с учетом типа железобетонного элемента (колонны, балки, плиты, стены), ширины и высоты сечения элемента и не более величины, обеспечивающей эффективное вовлечение в работу бетона, равномерное распределение напряжений и деформаций по ширине сечения элемента, а также ограничение ширины раскрытия трещин между стержнями арматуры. При этом расстояние между стержнями продольной рабочей арматуры следует принимать не более двукратной высоты сечения элемента и не более 400 мм, а в линейных внецентренно сжатых элементах в направлении плоскости изгиба – не более 500 мм. Для массивных гидротехнических сооружений большие значения расстояния между стержнями устанавливаются по специальным нормативным документам.

Поперечное армирование

7.3.7 В железобетонных элементах, в которых поперечная сила по расчету не может быть воспринята только бетоном, следует устанавливать поперечную арматуру с шагом не более величины, обеспечивающей включение в работу поперечной арматуры при

образовании и развитии наклонных трещин. При этом шаг поперечной арматуры следует принимать не более половины рабочей высоты сечения элемента и не более 300 мм.

7.3.8 В железобетонных элементах, содержащих расчетную сжатую продольную арматуру, следует устанавливать поперечную арматуру с шагом не более величины, обеспечивающей закрепление от выпучивания продольной сжатой арматуры. При этом шаг поперечной арматуры следует принимать не более пятнадцати диаметров сжатой продольной арматуры и не более 500 мм, а конструкция поперечной арматуры должна обеспечивать отсутствие выпучивания продольной арматуры в любом направлении.

Анкеровка и соединения арматуры

7.3.9 В железобетонных конструкциях должна быть предусмотрена анкеровка арматуры, обеспечивающая восприятие расчетных усилий в арматуре в рассматриваемом сечении. Длину анкеровки определяют из условия, по которому усилие, действующее в арматуре, должно быть воспринято силами сцепления арматуры с бетоном, действующими по длине анкеровки, и силами сопротивления анкерующих устройств в зависимости от диаметра и профиля арматуры, прочности бетона на растяжение, толщины защитного слоя бетона, вида анкерующих устройств (загиб стержня, приварка поперечных стержней), поперечного армирования в зоне анкеровки, характера усилия в арматуре (сжимающее или растягивающее) и напряженного состояния бетона на длине анкеровки.

7.3.10 Анкеровку поперечной арматуры следует осуществлять путем ее загиба и охвата продольной арматуры или приваркой к продольной арматуре. При этом диаметр продольной арматуры должен быть не менее половины диаметра поперечной арматуры.

7.3.11 Соединение арматуры внахлестку (без сварки) должно быть осуществлено на длину, обеспечивающую передачу расчетных усилий от одного стыкуемого стержня к другому. Длину нахлестки определяют по базовой длине анкеровки с дополнительным учетом относительного количества стыкуемых в одном месте стержней, поперечной арматуры в зоне стыка внахлестку, расстояния между стыкуемыми стержнями и между стыковыми соединениями.

7.3.12 Сварные соединения арматуры следует выполнять по соответствующим нормативным документам ([ГОСТ 14098](#), [ГОСТ 10922](#)).

7.4 Защита конструкций от неблагоприятного влияния воздействий среды

7.4.1 В тех случаях когда требуемая долговечность конструкций, работающих в условиях неблагоприятного воздействия среды (агрессивные воздействия), не может быть обеспечена коррозионной стойкостью самой конструкции, должна быть предусмотрена дополнительная защита поверхностей конструкции, выполняемая по указаниям [СНиП 2.03.11](#) (обработка поверхностного слоя бетона стойкими к агрессивным воздействиям материалами, нанесение на поверхности конструкции стойких к агрессивным воздействиям покрытий и т.п.).

8 Требования к изготовлению, возведению и эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций

8.1 Бетон

8.1.1 На стадиях изготовления, возведения и эксплуатации значения характеристик бетона конструкций должны удовлетворять установленным в проектной документации требованиям, что должно достигаться соответствующим подбором состава бетонной смеси и ее приготовлением, а также выполнением обеспечивающих мероприятий в

процессе ее транспортирования и укладки, твердения бетона, технического обслуживания конструкций при эксплуатации зданий и сооружений.

8.1.2 Проектирование и подбор состава бетонной смеси следует производить, руководствуясь требованиями [ГОСТ 27006](#) и стандартов на бетоны заданного вида. При подборе состава бетонной смеси должны быть обеспечено соответствие характеристик ее свойств (удобоукладываемости, нерааспадаемости, воздухоовлечения, сохраняемости) требованиям, указанным в задании или заказе, которые учитывают сроки и условия твердения бетона, режимы транспортирования и укладки бетонной смеси и другие особенности технологического процесса изготовления или возведения конструкций. Расчет основных параметров бетонной смеси следует производить с помощью зависимостей, устанавливаемых экспериментально, с учетом конкретных свойств используемых материалов (вяжущих, заполнителей, воды, эффективных добавок).

Подбор состава фибробетона следует производить согласно приведенным выше требованиям с учетом вида и свойств армирующих фибр.

8.1.3 Приготовление бетонной смеси заданного состава, ее приемку, контроль качества, ее транспортирование следует производить в соответствии с требованиями [ГОСТ 7473](#) и утвержденных в установленном порядке технологических регламентов.

При приготовлении бетонной смеси должна быть обеспечена необходимая точность дозировки входящих в бетонную смесь материалов и предусмотренная в технологическом регламенте последовательность их загрузки.

Продолжительность перемешивания принимают в соответствии с инструкциями предприятий – изготовителей бетоно-смесительных установок (заводов) или устанавливают опытным путем.

8.1.4 Транспортирование бетонной смеси следует осуществлять способами и средствами, обеспечивающими сохранность ее свойств и исключая ее расслоение, а также загрязнение посторонними материалами. Допускается восстановление отдельных показателей качества бетонной смеси на месте укладки за счет введения химических добавок или использования технологических приемов при условии обеспечения всех других требуемых показателей качества.

8.1.5 При укладке и уплотнении бетона должны применяться технологические приемы, обеспечивающие равномерное, без пустот заполнение опалубки (формы).

Укладку и уплотнение бетона в монолитные конструкции следует выполнять по технологическим регламентам, разработанным для имеющегося технологического оборудования с соблюдением требований [СНиП 3.03.01](#).

Порядок бетонирования следует устанавливать, предусматривая расположение швов бетонирования с учетом технологии возведения сооружения и его конструктивных особенностей. При этом должна быть обеспечена необходимая прочность контакта поверхностей бетона в шве бетонирования, а также прочность конструкции с учетом наличия швов бетонирования.

При укладке бетонной смеси при пониженных положительных и отрицательных или повышенных положительных температурах должны быть предусмотрены специальные мероприятия, обеспечивающие требуемое качество бетона.

Технологические регламенты для укладки и уплотнения бетона, а также режимы формирования и твердения при заводском или построечном изготовлении элементов сборных бетонных и железобетонных конструкций рекомендуется разрабатывать с учетом положений [СНиП 3.09.01](#). При разработке и корректировке технологических регламентов должны учитываться дефекты конструкций из-за неоднородности бетона, проявляющиеся при испытаниях элементов и в процессе эксплуатации построенных зданий или сооружений.

8.1.6 Твердение бетона следует обеспечивать без применения или с применением ускоряющих технологических воздействий (с помощью тепловлажностной обработки при нормальном или повышенном давлении).

В бетоне в процессе твердения следует поддерживать расчетный температурно-влажностный режим. При необходимости, для создания условий, обеспечивающих нарастание прочности бетона и снижение усадочных явлений, следует применять специальные защитные мероприятия. В технологическом процессе тепловой обработки изделий должны быть приняты меры по снижению температурных перепадов и взаимных перемещений между опалубочной формой и бетоном.

В массивных монолитных конструкциях следует предусматривать мероприятия по уменьшению влияния температурно-влажностных полей напряжений, связанных с экзотермией при твердении бетона, на работу конструкций.

8.2 Арматура

8.2.1 Арматура, используемая для армирования конструкций, должна соответствовать проекту и требованиям соответствующих стандартов. Арматура должна иметь маркировку и соответствующие сертификаты, удостоверяющие ее качество.

Условия хранения арматуры и ее перевозки должны исключать механические повреждения или пластические деформации, ухудшающее сцепление с бетоном загрязнение, коррозионные поражения.

8.2.2 Установку арматуры в опалубочные формы следует производить в соответствии с проектом. При установке вязаной арматуры должна быть предусмотрена надежная фиксация положения арматурных стержней с помощью специальных мероприятий, обеспечивающая невозможность смещения арматуры в процессе ее установки и бетонирования конструкции.

Отклонения от проектного положения арматуры при ее установке не должны превышать допустимых значений, установленных [СНиП 3.03.01](#).

8.2.3 Сварные арматурные изделия (сетки, каркасы) следует изготавливать с помощью контактно-точечной сварки или иными способами, обеспечивающими требуемую прочность сварного соединения и не допускающими снижения прочности соединяемых арматурных элементов. Сварные соединения должны удовлетворять требованиям [ГОСТ 14098](#) и [ГОСТ 10922](#). Отклонения от проектных значений геометрических параметров арматурных изделий не должны превышать предельных, установленных в [ГОСТ 10922](#).

8.2.4 При натяжении арматуры на упоры или затвердевший бетон должны быть обеспечены установленные в проекте контролируемые значения предварительного напряжения в пределах допускаемых значений отклонений, установленных нормативными документами или в проектной документации.

При отпуске натяжения арматуры следует обеспечивать плавную передачу предварительного напряжения на бетон.

8.3 Опалубка

8.3.1 Опалубка (опалубочные формы) должна выполнять следующие основные функции: придать бетону проектную форму конструкции, обеспечить требуемый вид внешней поверхности бетона, поддерживать конструкцию пока она не наберет распалубочную прочность и, при необходимости, служить упором при натяжении арматуры.

Применяемая для изготовления монолитных конструкций опалубка должна удовлетворять требованиям [ГОСТ 23478](#), стальные формы для изготовления элементов сборных конструкций – требованиям [ГОСТ 25781](#).

8.3.2 Опалубку и ее крепления следует проектировать и изготавливать таким образом, чтобы они могли воспринять нагрузки, возникающие в процессе производства работ, позволяли конструкциям свободно деформироваться и обеспечивали соблюдение допусков в пределах, установленных для данной конструкции или сооружения.

Опалубка и крепления должны соответствовать принятым способам укладки и уплотнения бетонной смеси, условиям преднапряжения, твердения бетона и тепловой обработки.

Съемную опалубку следует проектировать и изготавливать таким образом, чтобы была обеспечена распалубка конструкции без повреждения бетона.

Распалубку конструкций следует производить после набора бетоном распалубочной прочности.

Несъемную опалубку следует проектировать как составную часть конструкции.

8.4 Бетонные и железобетонные конструкции

8.4.1 Изготовление бетонных и железобетонных конструкций включает опалубочные, арматурные и бетонные работы, проводимые в соответствии с указаниями [разделов 8.1, 8.2 и 8.3](#).

Готовые конструкции должны отвечать требованиям проекта.

8.4.2 Отклонения геометрических параметров конструкций от проектных значений не должны превышать предельные, указанные в рабочих чертежах или технических условиях.

8.4.3 Фактическая прочность бетона (передаточная прочность бетона предварительно напряженных конструкций, распалубочная прочность бетона монолитных конструкций, отпускная прочность бетона элементов сборных бетонных или железобетонных конструкций заводского или построечного изготовления, проектная прочность бетона во всех случаях), должна быть не ниже соответствующей требуемой, определяемой по [ГОСТ 18105](#) в зависимости от нормируемых в проектной документации значений с учетом однородности бетона по прочности.

8.4.4 Подъем конструкций следует осуществлять с помощью специальных устройств (монтажных петель и других приспособлений), предусмотренных проектом. При этом должны быть обеспечены условия подъема, исключающие разрушение, потерю устойчивости, опрокидывание, раскачивание и вращение конструкции.

8.4.5 Условия транспортировки, складирования и хранения конструкций должны отвечать указаниям, приведенным в проекте. При этом должна быть обеспечена сохранность конструкции, поверхностей бетона, выпусков арматуры и монтажных петель от повреждений.

8.4.6 Возведение зданий и сооружений из сборных элементов следует производить в соответствии с проектом производства работ, в котором должны быть предусмотрены последовательность установки конструкций и мероприятия, обеспечивающие требуемую точность установки, пространственную неизменяемость конструкций в процессе их укрупнительной сборки и установки в проектное положение, устойчивость конструкций и частей здания или сооружения в процессе возведения, безопасные условия труда.

При возведении зданий и сооружений из монолитного бетона следует предусматривать последовательности бетонирования конструкций, снятия и перестановки опалубки, обеспечивающие прочность, трещиностойкость и жесткость конструкций в процессе возведения. Кроме этого следует предусматривать мероприятия (конструктивные и технологические, а при необходимости – выполнение расчета), ограничивающие образование и развитие технологических трещин.

Отклонения конструкций от проектного положения не должны превышать допустимых значений, установленных для соответствующих конструкций (колонн, балок, плит) зданий и сооружений в проектной документации с учетом требований [СНиП 3.03.01](#).

8.4.7 Конструкции следует содержать таким образом, чтобы они выполняли свое назначение, предусмотренное в проекте, в течение всего установленного срока службы здания или сооружения. Необходимо соблюдать режим эксплуатации бетонных и

железобетонных конструкций зданий и сооружений, исключая снижение их несущей способности, эксплуатационной пригодности и долговечности вследствие грубых нарушений нормируемых условий эксплуатации (перегрузка конструкций, несоблюдение сроков проведения планово-предупредительных ремонтов, повышение агрессивности среды и т.п.). Если в процессе эксплуатации обнаружены повреждения конструкций, которые могут вызвать снижение ее безопасности и препятствовать ее нормальному функционированию, следует выполнить мероприятия, предусмотренные в [разделе 9](#).

8.5 Контроль качества

8.5.1 Контроль качества конструкций на разных стадиях их изготовления (возведения) и эксплуатации должен проводиться с целью определения соответствия фактических значений контролируемых показателей их качества установленным в проектной документации диапазонам допустимых значений, а также соответствия применяемых технологических режимов производства предъявляемым к ним требованиям, установленным в проектной и технологической документации.

8.5.2 Применяемые методы контроля (сплошной, выборочный по альтернативному или количественному признаку), планы, правила и средства контроля соответствия действительных значений параметров выполненной конструкции указанным в проектной документации пределам должны выбираться исходя из допустимого уровня несоответствий (дефектности).

Выборочный контроль показателей качества, определяющих безопасность, эксплуатационную пригодность и долговечность конструкций, должен по планам, обеспечивающим уровень дефектности не ниже 4 %. Выбор планов контроля – по ГОСТ 18242.

8.5.3 Входной, операционный и приемочный контроль качества бетонных и железобетонных элементов сборных конструкций заводского или построечного изготовления должен проводиться в порядке и методами, установленными в соответствующих стандартах или технических условиях на основе требований [ГОСТ 13015](#).

8.5.4 Контроль качества монолитных бетонных и железобетонных конструкций должен проводиться в соответствии с проектом производства работ и технологическими регламентами, разработанными на основе требований [СНиП 3.03.01](#) с учетом требований действующих стандартов на методы испытаний бетона и арматуры.

SUB9009 Требования к восстановлению и усилению железобетонных конструкций

SUB9019.1 Общие положения

Восстановление и усиление железобетонных конструкций следует производить на основе результатов их натурального обследования, поверочного расчета, расчета и конструирования усиливаемых конструкций.

SUB9029.2 Натурные обследования конструкций

Путем натуральных обследований в зависимости от задачи должны быть установлены: состояние конструкции, геометрические размеры конструкций, армирование конструкций, прочность бетона, вид и класс арматуры и ее состояние, прогибы конструкций, ширина раскрытия трещин, их длина и расположение, размеры и характер дефектов и повреждений, нагрузки, статическая схема конструкций.

SUB9039.3 Поверочные расчеты конструкций

9.3.1 Поверочные расчеты существующих конструкций следует производить при изменении действующих на них нагрузок, условий эксплуатации и объемно-планировочных решений, а также при обнаружении серьезных дефектов и повреждений в конструкциях.

На основе поверочных расчетов устанавливают пригодность конструкций к эксплуатации, необходимость их усиления или снижения эксплуатационной нагрузки или полную непригодность конструкций.

9.3.2 Поверочные расчеты необходимо производить на основе проектных материалов, данных по изготовлению и возведению конструкций, а также результатов натурных обследований.

Расчетные схемы при проведении поверочных расчетов следует принимать с учетом установленных фактических геометрических размеров, фактического соединения и взаимодействия конструкций и элементов конструкций, выявленных отклонений при монтаже.

9.3.3 Поверочные расчеты следует производить по несущей способности, деформациям и трещиностойкости. Допускается не производить поверочные расчеты по эксплуатационной пригодности, если перемещения и ширина раскрытия трещин в существующих конструкциях при максимальных фактических нагрузках не превосходят допустимых значений, а усилия в сечениях элементов от возможных нагрузок не превышают значений усилий от фактически действующих нагрузок.

9.3.4 Расчетные значения характеристик бетона принимают в зависимости от класса бетона, указанного в проекте, или условного класса бетона, определяемого с помощью переводных коэффициентов, обеспечивающих эквивалентную прочность по фактической средней прочности бетона, полученной по испытаниям бетона неразрушающими методами или по испытаниям отобранных из конструкции образцов.

9.3.5 Расчетные значения характеристик арматуры принимают в зависимости от класса арматуры, указанного в проекте, или условного класса арматуры, определяемого с помощью переводных коэффициентов, обеспечивающих эквивалентную прочность по фактическим значениям средней прочности арматуры, полученной по данным испытаний образцов арматуры, отобранных из обследуемых конструкций.

При отсутствии проектных данных и невозможности отбора образцов допускается класс арматуры устанавливать по виду профиля арматуры, а расчетные сопротивления принимать на 20 % ниже соответствующих значений действующих нормативных документов, отвечающих данному классу.

9.3.6 При проведении поверочных расчетов должны быть учтены дефекты и повреждения конструкции, выявленные в процессе натурных обследований: снижение прочности, местные повреждения или разрушения бетона; обрыв арматуры, коррозия арматуры, нарушение анкеровки и сцепления арматуры с бетоном; опасное образование и раскрытие трещин; конструктивные отклонения от проекта в отдельных элементах конструкции и их соединениях.

9.3.7 Конструкции, не удовлетворяющие требованиям поверочных расчетов по несущей способности и эксплуатационной пригодности, подлежат усилению либо для них должна быть снижена эксплуатационная нагрузка.

Для конструкций, не удовлетворяющих требованиям поверочных расчетов по эксплуатационной пригодности, допускается не предусматривать усиления либо снижения нагрузки, если фактические прогибы превышают допустимые значения, но не препятствуют нормальной эксплуатации, а также если фактическое раскрытие трещин превышает допустимые значения, но не создает опасности разрушения.

SUB9049.4 Усиление железобетонных конструкций

9.4.1 Усиление железобетонных конструкций осуществляют с помощью стальных элементов, бетона и железобетона, арматуры и полимерных материалов.

9.4.2 При усилении железобетонных конструкций следует учитывать несущую способность как элементов усиления, так и усиливаемой конструкции. Для этого должны быть обеспечены включение в работу элементов усиления и совместная их работа с усиливаемой конструкцией. Для сильно поврежденных конструкций несущую способность усиливаемой конструкции не учитывают.

При заделке трещин с шириной раскрытия более допустимой и других дефектов бетона следует обеспечить равнопрочность участков конструкций, подвергнувшихся восстановлению, с основным бетоном.

9.4.3 Расчетные значения характеристик материалов усиления принимают по действующим нормативным документам.

Расчетные значения характеристик материалов усиливаемой конструкции принимают исходя из проектных данных с учетом результатов обследования согласно правилам, принятым при поверочных расчетах.

9.4.4 Расчет усиливаемой железобетонной конструкции следует производить по общим правилам расчета железобетонных конструкций с учетом напряженно-деформированного состояния конструкции, полученного ею до усиления.

Приложение А (справочное)

Нормативные ссылки

СНиП РК 2.02-05-2002	Пожарная безопасность зданий и сооружений
МСН 2.04-02-2004	Тепловая защита зданий
СНиП 2.01.07-85	Нагрузки и воздействия
СНиП 2.03.11-85	Защита строительных конструкций от коррозии
СНиП 3.03.01-87	Несущие и ограждающие конструкции
СНиП 3.09.01-85	Производство сборных железобетонных конструкций и изделий
ГОСТ 7473-94	Смеси бетонные. Технические условия
ГОСТ 10922-90	Арматурные и закладные изделия сварные, соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Общие технические условия
ГОСТ 13015-2003	Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения
ГОСТ 14098-91	Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкция и размеры
ГОСТ 18105-86	Бетоны. Правила контроля прочности
ГОСТ 20910-90	Бетоны жаростойкие. Технические условия
ГОСТ 23478-79	Опалубка для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Классификация и общие технические требования
ГОСТ 25192-82	Бетоны. Классификация и общие технические требования
ГОСТ 25781-83	Формы стальные для изготовления железобетонных изделий. Технические условия.
ГОСТ 27006-86	Бетоны. Правила подбора составов.
ГОСТ 27751-88	Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету.

Термины и определения

Конструкции бетонные	Конструкции, выполненные из бетона без арматуры или с арматурой, устанавливаемой по конструктивным соображениям и не учитываемой в расчете. Расчетные усилия от всех воздействий в бетонных конструкциях должны быть восприняты бетоном.
Конструкции железобетонные	Конструкции, выполненные из бетона с рабочей и конструктивной арматурой (армированные бетонные конструкции). Расчетные усилия от всех воздействий в железобетонных конструкциях должны быть восприняты бетоном и рабочей арматурой.
Конструкции сталежелезобетонные	Железобетонные конструкции, включающие отличные от арматурной стали стальные элементы, работающие совместно с железобетонными элементами.
Конструкции дисперсно армированные (фибробетонные, армоцементные)	Железобетонные конструкции, включающие дисперсно-расположенные фибры или мелкоячеистые сетки из тонкой стальной проволоки.
Арматура рабочая	
Арматура конструктивная	Арматура, устанавливаемая по расчету.
Арматура предварительно напряженная	Арматура, устанавливаемая без расчета из конструктивных соображений.
Анкеровка арматуры	Арматура, получающая начальные (предварительные) напряжения в процессе изготовления конструкций до приложения внешних нагрузок в стадии эксплуатации.
Стыки арматуры внахлестку	Обеспечение восприятия арматурой действующих на нее усилий путем заведения ее на определенную длину за расчетное сечение или устройства на концах специальных анкеров.
Рабочая высота сечения	Соединение арматурных стержней по их длине без сварки путем заведения конца одного арматурного стержня относительно конца другого.
Защитный слой бетона	Расстояние от сжатой грани элемента до центра тяжести

растянутой продольной арматуры.

Толщина слоя бетона от грани элемента до ближайшей поверхности арматурного стержня.

Предельное усилие

Наибольшее усилие, к которому может быть воспринято элементом, его сечением при принятых характеристиках материалов.

**Приложение В
(справочное)**

Основные буквенные обозначения

$R_{b,n}$	нормативное сопротивление бетона сжатию
$R_b, R_{b,ser}$	расчетные сопротивления бетона осевому сжатию для предельных состояний соответственно первой и второй групп
$R_{bt,n}$	нормативное сопротивление бетона осевому растяжению
$R_{bt}, R_{bt,ser}$	расчетные сопротивления бетона осевому растяжению для предельных состояний соответственно первой и второй групп
$R_{s,n}$	нормативное сопротивление арматуры растяжению
R_{bond}	сопротивление сцепления арматуры с бетоном
$R_s, R_{s,ser}$	расчетные сопротивления арматуры растяжению для предельных состояний соответственно первой и второй групп
E_b	начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении
E_s	модуль упругости арматуры
f	прогиб элемента
$\frac{1}{r}$	кривизна оси элемента
a_{crc}	ширина раскрытия трещин
σ_s, σ_b	напряжения соответственно в арматуре и бетоне
$\varepsilon_s, \varepsilon_b$	относительные деформации соответственно арматуры и бетона