

Изменение № 1 к СП 385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения

Утверждено и введено в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 15 ноября 2019 г. № 693/пр

Дата введения — 2020—05—16

Содержание

Наименование раздела 5. Изложить в новой редакции:

«5 Строительные материалы, их характеристики и критерии предельного состояния конструкций.....».

Наименование раздела 8. Изложить в новой редакции и дополнить наименованиями подразделов:

«8 Методы расчета.....».

8.1 Расчет в статической постановке.....».

8.2 Расчет кинематическим методом теории предельного равновесия.....».

8.3 Расчет в динамической постановке.....».

Дополнить содержание наименованием раздела 9 и его подразделов:

«9 Конструктивные мероприятия по защите зданий и сооружений различных конструктивных систем от прогрессирующего обрушения.....».

9.1 Общие положения.....».

9.2 Многоэтажные каркасные здания.....».

9.3 Крупнопанельные, кирпичные и комбинированные конструкции зданий и сооружений.....».

9.4 Одноэтажные каркасные здания.....».

9.5 Большепролетные здания и сооружения.....».

9.6 Здания с деревянным каркасом.....».

Приложения А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И. Исключить.

Дополнить наименованием приложения К в следующей редакции:

«Приложение К Диаграммы состояния материалов для особого предельного состояния».

Введение

Первый абзац. Изложить в новой редакции:

«Настоящий свод правил разработан с учетом обязательных требований, установленных в [1]— [3], и содержит основные положения, общие требования по проектированию защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения при аварийной расчетной ситуации вследствие предполагаемого начального локального разрушения, приводящего к изменению конструктивной системы.».

Дополнить третьим абзацем в следующей редакции:

«Изменение № 1 к СП 385.1325800.2018 разработано авторским коллективом: ФГБОУ ВО «ЮЗГУ» (руководитель темы — д-р техн. наук, проф. *В.И. Колчунов*, д-р техн. наук, проф. *Н.В. Федорова*, д-р техн. наук, проф. *С.Г. Емельянов*, д-р техн. наук, проф. *Вл.И. Колчунов*); ЗАО «ГОРПРОЕКТ» (д-р техн. наук, проф. *В.И. Травуш*); АО «ЦНИИПромзданий» (руководитель темы — канд. техн. наук *Н.Г. Келасев*, д-р техн. наук, проф. *Э.Н. Кодыш*, д-р техн. наук, проф. *Н.Н. Трекин*, *И.А. Терехов*); ООО «Техрекон» (*Г.И. Шапиро*, *А.Г. Шапиро*).».

1 Область применения

Изложить в новой редакции:

«1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил устанавливает основные положения по проектированию новых и реконструкции зданий и сооружений различных конструктивных систем с обеспечением их защиты от прогрессирующего обрушения на стадии эксплуатации.

Изменение № 1 СП 385.1325800.2018

1.2 Настоящий свод правил не распространяется на проектирование транспортных, линейных объектов, гидротехнических сооружений, инженерных сооружений типа резервуаров и бункеров, подземных сооружений и объектов, на которых ведутся горные работы и работы в подземных условиях.».

2 Нормативные ссылки

Изложить в новой редакции:

«2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 1497—84 Металлы. Методы испытаний на растяжение

ГОСТ 4784—2019 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки

ГОСТ 27751—2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 31937—2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

СП 15.13330.2012 «СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции» (с изменениями № 1, № 2, № 3)

СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции» (с изменением № 1)

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия» (с изменениями № 1, № 2)

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений» (с изменениями № 1, № 2)

СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (с изменениями № 1, № 2, № 3)

СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» (с изменениями № 1, № 2)

СП 128.13330.2016 «СНиП 2.03.06-85 Алюминиевые конструкции»

СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования (с изменением № 1)

СП 296.1325800.2017 Здания и сооружения. Особые воздействия

СП 311.1325800.2017 Бетонные и железобетонные конструкции из высокопрочных бетонов. Правила проектирования

Примечание — При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.».

3 Термины и определения

Изложить в новой редакции:

«3 Термины и определения

В настоящем своде правил применены термины по [1], ГОСТ 27751, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 аутригерные конструкции: Пересекающиеся фермы, связи, диафрагмы или балки (балки-стенки), обеспечивающие повышенную жесткость здания или сооружения.

3.2 демпфирование: Процесс рассеивания (диссипации) энергии механических колебаний в конструкциях и материалах здания или сооружения.

3.3

конструктивная система: Совокупность взаимосвязанных строительных конструкций и основания. [ГОСТ 27751—2014, пункт 2.2.2]

3.4 коэффициенты надежности: Коэффициенты, учитывающие возможные неблагоприятные отклонения значений нагрузок, характеристик материалов и расчетной схемы строительного объекта от реальных условий его эксплуатации, а также уровень ответственности строительных объектов.

3.5 нормативные характеристики физических свойств материалов: Значения физико-механических характеристик материалов, устанавливаемые в нормативных документах, технических условиях или задании на проектирование и контролируемые при их изготовлении, строительстве и эксплуатации объекта.

3.6 особое предельное состояние: Состояние конструкций после превышения границы несущей способности по первому и деформативности по второму предельным состояниям, в котором они не полностью соответствуют функциональным требованиям, дальнейшее увеличение нагрузок и (или) воздействий приводит к их разрушению.

3.7 предполагаемое начальное локальное разрушение (локальное разрушение): Удаление несущего конструктивного элемента, имитирующее потерю несущей способности и (или) устойчивости, а также приводящее к изменению конструктивной системы здания и сооружения.

3.8

прогрессирующее (лавинообразное) обрушение: Последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего здания или сооружения или его частей вследствие начального локального разрушения.

[ГОСТ 27751—2014, пункт 2.2.9]

3.9

расчетная схема (модель): Модель конструктивной системы, используемая при проведении расчетов.

[ГОСТ 27751—2014, пункт 2.2.10]

Примечания

1 Первичная расчетная схема — расчетная схема здания или сооружения, принятая для расчета на проектное сочетание нагрузок по первому и второму предельным состояниям.

2 Вторичная расчетная схема — расчетная схема, полученная из первичной расчетной схемы путем исключения несущего конструктивного элемента в результате предполагаемого начального локального разрушения, при этом прочностные и деформационные характеристики материалов назначают в соответствии с требованиями раздела 5, а нагрузки принимают в соответствии с разделом 6.

3.10 расчетные ситуации: Учитываемый при расчете зданий или сооружений комплекс наиболее неблагоприятных условий, которые могут возникнуть при его эксплуатации.»

4 Общие требования

Изложить в новой редакции:

«4 Общие требования

4.1 Проектирование защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения осуществляется при аварийной расчетной ситуации вследствие предполагаемого начального локального разрушения (см. 3.7), приводящего к изменению конструктивной системы. Для этого необходимо выполнить расчет по особому предельному состоянию (см. 3.6) с учетом критериев, указанных в разделе 5, обеспечив несущую способность, деформативность и устойчивость формы деформации как конструктивной системы здания и сооружения в целом, так и отдельных элементов и узлов сопряжений, за исключением удаляемого, при локальном разрушении (см. 4.5).

4.2 Требования к проектированию защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения в настоящем своде правил приведены для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, а также для зданий и сооружений нормального уровня ответственности с массовым пребыванием людей (см. ГОСТ 27751).

4.3 При реконструкции необходимо обеспечить защиту от прогрессирующего обрушения для здания или сооружения в целом или самостоятельного конструктивного блока в частях, ограниченных деформационными швами, в границах которых проводят реконструкцию.

Допускается расчет на защиту от прогрессирующего обрушения не проводить и ограничиться организационно-техническими мероприятиями для реконструируемых зданий и сооружений нормального уровня ответственности при одновременном выполнении условий:

Изменение № 1 СП 385.1325800.2018

- по результатам инструментального обследования по ГОСТ 31937 определено работоспособное техническое состояние;
- не предусматриваются усиление несущих конструкций и (или) изменение функционального назначения здания и сооружения;
- несущая способность и деформативность подтверждены поверочным расчетом на особое сочетание нагрузок с учетом экстремальных климатических воздействий по СП 296.1325800;
- вертикальные несущие элементы, от которых зависит общая устойчивость здания и сооружения, по результатам поверочных расчетов способны воспринимать особые воздействия от горизонтальной нагрузки 35 кН для стержневых элементов и 10 кН для пластинчатых на 1 м² поверхности рассматриваемого элемента в пределах одного этажа.

П р и м е ч а н и е — Основные организационно-технические мероприятия приведены в приложении Г СП 296.1325800.2017.

4.4 Защита здания и сооружения от прогрессирующего обрушения обеспечена, если для любых элементов и их соединений соблюдаются условия:

$$F \leq S, \quad (4.1)$$

- где F — усилия в конструктивных элементах или их соединениях, определяемые расчетом;
 S — несущая способность конструктивных элементов и их соединений, определяемая с учетом указаний раздела 5, а также требований по допустимым деформациям;

$$f \leq f_{ult}, \quad (4.2)$$

- где f — деформации элемента от внешней нагрузки;
 f_{ult} — значение предельно допустимых деформаций элемента в соответствии с указаниями раздела 5.

Конструкции или их соединения, для которых требования по несущей способности или деформативности не удовлетворяются, необходимо усилить, либо следует принять другие меры, повышающие сопротивление конструкций прогрессирующему обрушению (см. раздел 9).

4.5 Локальное разрушение может назначаться в любом месте здания или сооружения и не должно приводить к прогрессирующему обрушению.

4.5.1 Для многоэтажных зданий следует рассматривать локальное разрушение:

- пересекающихся стен на участках от места их пересечения (в частности, от угла здания) до ближайшего проема в каждой стене или до следующего вертикального стыка со стеной другого направления общей длиной не более 6 м;
- отдельно стоящей стены от края до ближайшего проема или одного участка стены (простенка) между двумя проемами или на участке общей длиной не более 6 м;
- колонны (пилона), ядра жесткости или колонны (пилона) с примыкающими участками стен, расположенных на участке общей длиной не более 6 м;
- ригеля, элемента несущей конструкции покрытия.

4.5.2 В одноэтажных производственных зданиях следует рассматривать разрушение:

- несущей конструкции, включая угловую и торцевую колонну;
- элемента несущей конструкции покрытия — стержень фермы, связь жесткости.

Для реконструируемых зданий допускается рассматривать вынужденную осадку опорной конструкции покрытия от 1/50 до 1/30 пролета.

4.5.3 В большепролетных зданиях и сооружениях следует рассматривать локальное разрушение:

- одной из несущих конструкций — колонн, элементов ферм или стержневых структур, опорных и компрессионных колец, главных балок, опорных узлов и т. п.;
- элемента конструкции, раскрепляющего несущий элемент (приводит к увеличению его расчетной длины или пролета).

4.5.4 Для инженерных сооружений в качестве локального разрушения следует рассматривать разрушение (удаление) одного из несущих элементов, в других случаях — согласно заданию на проектирование в зависимости от функционального назначения сооружения.

4.6 Защиту зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения необходимо обеспечивать наиболее рациональными средствами:

- при разработке архитектурно-планировочных решений следует учитывать возможность возникновения локального разрушения;

- в зданиях и сооружениях следует применять конструктивные меры, повышающие степень статической неопределимости конструкции (повышение неразрезности конструкции, уменьшение числа шарнирных соединений и пр.);

- применять материалы и конструктивные решения, обеспечивающие развитие в конструктивных элементах и их соединениях пластических деформаций.

4.7 В железобетонных конструкциях из сборных элементов промышленного изготовления особое внимание должно быть уделено конструированию узлов и соединений, способных воспринимать перераспределение усилий.

4.8 Исходные данные для расчетов определяются на основании результатов инженерных изысканий, требований СП 20.13330, СП 131.13330 и задания на проектирование с учетом технологических решений.».

5 Строительные материалы, их характеристики и критерии предельного состояния конструкций

Изложить в новой редакции:

«5 Строительные материалы, их характеристики и критерии предельного состояния конструкций

5.1 При расчете зданий и сооружений на защиту от прогрессирующего обрушения расчетные прочностные характеристики материалов принимают равными их нормативным значениям. Деформационные характеристики (приложение К) следует принимать с учетом особого предельного состояния:

- для каменных и армокаменных конструкций — в соответствии с СП 15.13330;

- для стальных и алюминиевых конструкций — в соответствии с СП 16.13330, СП 128.13330;

- для бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных конструкций — в соответствии с СП 63.13330, СП 266.1325800, СП 311.1325800;

- для деревянных конструкций — в соответствии с СП 64.13330.

При реконструкции зданий и сооружений назначение прочностных характеристик материалов проводят с учетом результатов инструментального обследования.

5.2 При расчете зданий и сооружений на защиту от прогрессирующего обрушения критерии несущей способности и деформативности следует формировать, как для особого предельного состояния.

В качестве критериев особого предельного состояния в рассматриваемом расчетном сечении конструкции следует принимать:

- ограничение деформаций сжатого бетона предельными значениями ϵ_{b2} , определяемыми по расчетной или криволинейной диаграмме состояний при его кратковременном деформировании (см. СП 63.13330) и значениях напряжений, равных $\phi_b R_{b,ser}$. Значение деформаций сжатия тяжелого, мелкозернистого и напрягающегося бетонов классов по прочности В60 и ниже следует принимать равным 0,0035, для высокопрочных бетонов классов В70—В100 — согласно СП 63.13330, В110—В150 — согласно СП 311.1325800. При этом допускается учитывать увеличение прочности бетона при динамическом нагружении коэффициентом ϕ_b , равным 1,15. При пластическом характере разрушения сечения (из-за текучести арматуры) значение ϕ_b принимают равным 1;

- ограничение деформаций растянутой арматуры предельными значениями относительных деформаций ϵ_{s2} , принимаемыми для стали с физическим пределом текучести равными 0,033, а для стали с условным пределом текучести — 0,02. При этом в обоих случаях значения напряжений принимают равными $R_{s,ser}$. Коэффициент увеличения динамической прочности арматуры ϕ_s принимают равным 1;

- относительные предельные деформации для стальных конструкций из сталей с пределом текучести условным в соответствии с ГОСТ 1497 принимают равными 0,05, а из сталей с пределом текучести физическим в соответствии с ГОСТ 1497 — 0,07. Коэффициент увеличения динамической прочности стали ϕ_s принимают равным 1,2;

- для деревянных конструкций ограничение расчетных сопротивлений смятию R_{cm} . При этом коэффициент увеличения динамической прочности ϕ_s принимают равным 1,15;

- для сварных соединений расчетные сопротивления принимают:

а) для стыковых соединений — по таблице 4 СП 16.13330.2017 с заменой R_y на R_{ym} ;

б) для соединений с угловыми швами на условный срез по металлу шва — $0,55R_{wun}$, по металлу границы сплавления — $0,45R_{un}$;

- для болтовых соединений расчетные сопротивления принимают:

а) на срез — равными R_{bs} ;

б) на растяжение — равными R_{byn} по таблице Г.5 СП 16.13330.2017;

в) на смятие:

- для болтовых соединений на болтах класса точности А — равным $1,60R_{un}$;

Изменение № 1 СП 385.1325800.2018

- то же класса точности В — $1,35R_{un}$;
- при расчете фундаментных болтов расчетное сопротивление принимают равным R_{yn} ;
- при расчете высокопрочных болтов расчетное сопротивление принимают равным R_{bh} .

П р и м е ч а н и е — Обозначения деформационных характеристик приняты в соответствии с указанными в 5.1 сводами правил.

5.3 Значение дополнительных коэффициентов условий работы, вводимых при расчете по защите от прогрессирующего обрушения, следует принимать:

- нормативные характеристики сопротивления материалов для бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных конструкций при обеспечении требуемого уровня контроля качества, установленно-го действующими нормативными документами, в расчете на защиту от прогрессирующего обрушения следует умножать на дополнительный коэффициент условий работы особого предельного состояния, принимаемый равным 1,15.

П р и м е ч а н и е — Требуемый контроль качества может быть учтен, например, для изделий заводского изготовления;

- коэффициент условий работы особого предельного состояния для сталей с пределом текучести физическим следует принимать равным 1,1.

5.4 Прогибы изгибаемых элементов конструктивной системы для особого предельного состояния при условии обеспечения минимально допустимой длины зоны опирания (анкеровки) не должны превышать 1/30 длины пролета, за исключением железобетонных конструкций, армированных высокопрочной арматурой с условным пределом текучести, для которых прогибы не должны превышать 1/50 длины пролета.

5.5 Если в железобетонных элементах критерий несущей способности по сжато-му бетону на участке длиной больше, чем 1/3 пролета, не выполняется для трех и более сечений, а критерий для растянутой арматуры в этих сечениях удовлетворяется, то допускается работу перекрытий над удаленным вертикальным элементом (колонной, пилоном, стеной) рассматривать как работу элементов висячей системы. При этом должны быть выполнены условия обеспечения анкеровки арматуры и восприятия усилий распора.

5.6 Проверку несущей способности по прочности и устойчивости элементов конструктивной системы по вторичной расчетной схеме следует проводить по методикам соответствующих сводов правил на проектирование с учетом критериев особого предельного состояния.».

6 Нагрузки и воздействия

Изложить в новой редакции:

«6 Нагрузки и воздействия

6.1 Настоящий свод правил устанавливает требования по расчету зданий и сооружений на ситуацию, когда из конструктивной системы выключена одна из несущих конструкций, и не определяет вид особых нормируемых (проектных) и аварийных нагрузок и воздействий.

Расчет защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения следует выполнять на сочетание нагрузок, включающее постоянные и длительные временные нагрузки, с учетом изменения расчетной схемы здания и сооружения в результате локального разрушения. Значения нагрузок следует принимать в соответствии с требованиями СП 20.13330, принятыми проектными решениями и заданием на проектирование.

6.2 Коэффициенты надежности по нагрузке следует принимать равными 1,0 ($\gamma_f = 1,0$), коэффициенты сочетаний нагрузок следует принимать равными 1,0.

6.3 Коэффициент надежности по ответственности при расчете сооружений на защиту от прогрессирующего обрушения следует принимать $\gamma_n = 1,0$.».

7 Требования к расчетным моделям

Изложить в новой редакции:

«7 Требования к расчетным моделям

7.1 Расчетная схема и метод расчета определяются в каждом случае индивидуально и зависят от вида (характера) проектных решений здания или сооружения и исходных данных для проектирования.

Расчетная схема должна выбираться с учетом наиболее существенных факторов, определяющих напряженно-деформированное состояние конструкций здания или сооружения и его основания.

Целесообразно учитывать: пространственную работу; геометрическую, физическую (пластичность, ползучесть и др.) нелинейность.

7.2 Для расчета зданий и сооружений по защите от прогрессирующего обрушения следует использовать пространственную расчетную схему, в которой учитывается взаимодействие с грунтовым основанием в соответствии с СП 22.13330.

При расчете надземных конструкций здания или сооружения на защиту от прогрессирующего разрушения, когда при локальном разрушении одной из несущих конструкций учет грунтового основания не сопровождается изменением напряженно-деформированного состояния здания или сооружения, расчет и последующий анализ состояния конструктивной схемы допускается проводить по пространственной расчетной схеме без учета взаимодействия с грунтовым основанием.

7.3 В расчетной схеме целесообразно учитывать включение в работу следующих элементов зданий и сооружений:

- несущих при нормальной эксплуатации (например, навесные наружные стеновые панели, парапеты, железобетонные ограждения балконов, перегородки и т. п.), которые при локальном разрушении активно участвуют в перераспределении усилий в элементах конструктивной системы;

- несущих конструкций с односторонними связями, которые при локальном разрушении меняют свое напряженно-деформированное состояние.

7.4 При расчете защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения следует предусматривать возможность поэтапного расчета.

На начальном этапе для первичной расчетной схемы необходимо определить напряженно-деформированное состояние конструкций при условиях нормальной эксплуатации.

На последующих этапах для каждой вторичной расчетной схемы следует определять напряженно-деформированное состояние конструкций, возникающее в особом предельном состоянии при локальном разрушении. При реконструкции необходимо учитывать напряжения и деформации конструкций, возникшие в результате эксплуатации.

7.5 Для каждого этапа расчета по вторичным расчетным схемам следует определять несущие элементы, выход из строя которых может повлечь за собой прогрессирующее обрушение всей конструктивной системы. Особое внимание следует уделять наиболее нагруженным элементам, а также элементам, которые вызывают догружение наиболее нагруженных элементов.

7.6 Расчет зданий и сооружений на защиту от прогрессирующего обрушения следует выполнять для каждого из рассматриваемых локальных разрушений отдельно и независимо от других возможных локальных разрушений.

7.7 В расчетных схемах зданий и сооружений следует учитывать реальную диаграмму работы материала конструкций и их стыков (расслоение кирпичной кладки при работе конструкции на растяжение; невосприятие в платформенном стыке растягивающих напряжений; хрупкое разрушение конструкций и узлов их сопряжения и т. п.) и возможность возникновения особого предельного состояния.

7.8 Расчет здания и сооружения на защиту от прогрессирующего обрушения следует проводить по деформированной схеме с учетом требований 7.7.

7.9 Для расчета на защиту от прогрессирующего обрушения следует использовать статический метод (см. 8.1).

7.10 В случае обеспечения пластичной работы конструктивной системы в предельном состоянии для расчета защиты от прогрессирующего обрушения используют кинематический метод теории предельного равновесия (см. 8.2).

7.11 При больших прогибах конструкций (плиты, перемычки, стержневые конструкции и т. д.) следует рассматривать их работу как работу элементов висячей системы. При этом должна быть обеспечена конструктивная возможность восприятия возникающих горизонтальных усилий.

7.12 В случае внезапного удаления элемента расчет на защиту от прогрессирующего обрушения выполняют динамическим или квазистатическим методом.»

8 Методы расчета

Изложить в новой редакции:

«8 Методы расчета»

8.1 Расчет в статической постановке

8.1.1 Расчетный анализ защиты от прогрессирующего обрушения в статической постановке включает следующие процедуры:

- по принятой на начальном этапе (рисунок 8.1, а) первичной расчетной схеме определяется напряженно-деформированное состояние в элементах конструктивной системы при условии нормальной эксплуатации;

- для перехода к вторичным расчетным схемам в первичной расчетной схеме поочередно выключается один из вертикальных или горизонтальных несущих элементов согласно 4.5 (рисунок 8.1, б). При этом прочностные и деформационные характеристики материалов назначают в соответствии с требованиями раздела 5, а нагрузки принимают в соответствии с разделом 6;

- проводят расчет вторичных расчетных схем и определяют напряженно-деформированное состояние в элементах, возникающее при локальном разрушении;

- проводят критериальную проверку несущей способности и деформативности элементов конструктивной системы для особого предельного состояния конструкций, с учетом требований, изложенных в разделе 5, а также для узлов сопряжения элементов конструктивной системы.

8.1.2 Если в процессе критериальной проверки условие прочности и деформативности в каких-либо элементах или узлах не выполняется, то проводят корректировку первичной расчетной схемы, вводя дополнительные элементы жесткости, обеспечивая неразрезность элементов, или используя другие методы, приведенные в разделе 9, проводят перерасчет конструктивной системы и вновь проводят критериальную проверку.

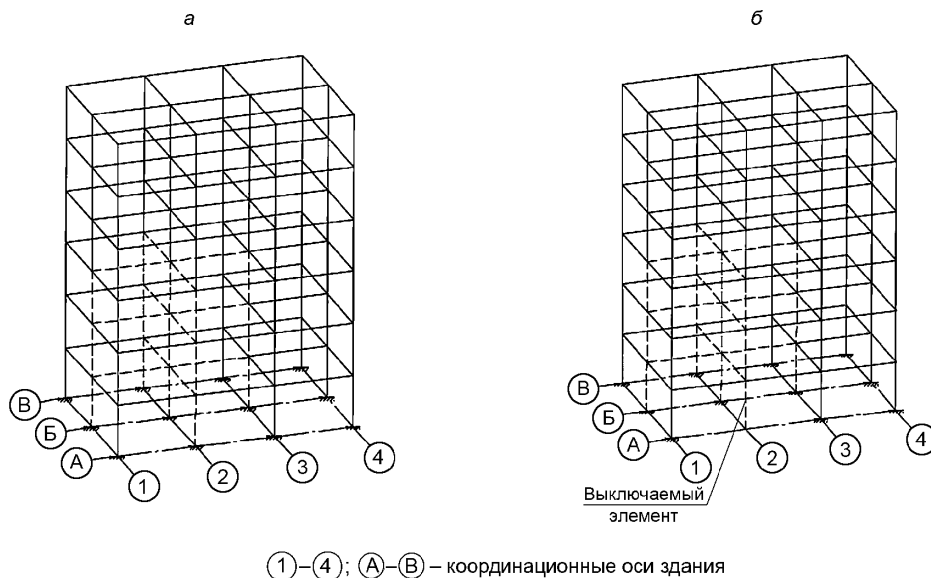


Рисунок 8.1— Первичная (а) и вторичная (б) расчетные схемы здания

8.2 Расчет кинематическим методом теории предельного равновесия

8.2.1 Расчет при каждой выбранной расчетной схеме выполняют следующим образом:

- задают наиболее вероятные механизмы разрушения элементов здания и сооружения, потерявших опору, определяют все разрушаемые связи, в том числе и образовавшиеся пластические шарниры, и находят возможные обобщенные перемещения w_i по направлению усилий в этих связях; наиболее вероятному механизму разрушения соответствует минимум потенциальной энергии конструкции на возможных (обобщенных) перемещениях;

- для каждого из выбранных механизмов разрушения следует определить предельные усилия, которые могут быть восприняты сечениями всех пластично разрушаемых элементов и связей S_i , в том числе и пластических шарниров;

- находятся равнодействующие G_i внешних сил, приложенных к отдельным звеньям механизма, то есть к отдельным неразрушаемым элементам или их частям, и перемещения по направлению их действия u_i ;

- определяют работу внутренних сил W и внешних нагрузок U на возможных перемещениях рассматриваемого механизма:

$$W = \sum_i S_i w_i, \quad (8.1)$$

$$U = \sum_i G_i u_i; \quad (8.2)$$

- проверяют условие

$$W \geq U. \quad (8.3)$$

8.2.2 Если при какой-либо расчетной схеме условие (8.3) не выполняется, то в соответствии с разделом 9 следует провести усиление конструктивных элементов либо с помощью иных мероприятий (например, учет работы несущих элементов в расчетной схеме) добиться выполнения условия (8.3).

8.2.3 Необходимо выполнить проверку несущей способности в несущих вертикальных элементах, не расположенных над зоной локального разрушения.

8.3 Расчет в динамической постановке

8.3.1 Динамический расчет следует выполнять с учетом возможного проявления эффектов физической, геометрической и конструктивной нелинейностей.

8.3.2 Рекомендуемые параметры демпфирования для материалов и конструкций принимаются по логарифмическим декрементам колебаний, приведенным в СП 20.13330. При соответствующем обосновании допускается уточнять параметры демпфирования, в том числе для учета нелинейного характера колебаний.

8.3.3 Несущая способность конструктивных узлов при динамическом расчете должна быть подтверждена согласно нормам проектирования на возникающие в них усилия в соответствии с указаниями разделов 4—7.

8.3.4 Повышение прочности материалов конструкций при динамическом расчете может быть учтено введением коэффициента условий работы.».

Дополнить свод правил разделом 9 в следующей редакции:

«9 Конструктивные мероприятия по защите зданий и сооружений различных конструктивных систем от прогрессирующего обрушения»

9.1 Общие положения

Основным конструктивным требованием по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения является обеспечение:

- необходимой несущей способности и деформативности конструктивных элементов и соединений между ними при локальном разрушении (см. 4.5);
- развития пластических деформаций в соединениях конструктивных элементов;
- в шпоночных соединениях прочности отдельных шпонок на срез в 1,5 раза выше их прочности на смятие;
- в болтовых соединениях прочности отдельных болтов на срез в 1,1 раза выше их прочности на смятие;
- пластичной работы сварных соединений в предельном состоянии в соответствии с СП 16.13330 и СП 266.1325800;
- достаточности длины зоны анкеровки арматуры при ее работе как связи сдвига и растяжения в соответствии с СП 63.13330 и СП 266.1325800;
- в сечениях надпроемных перемычек, балок, ригелей, плит в предельном состоянии разрушения по изгибу, а не по срезу.

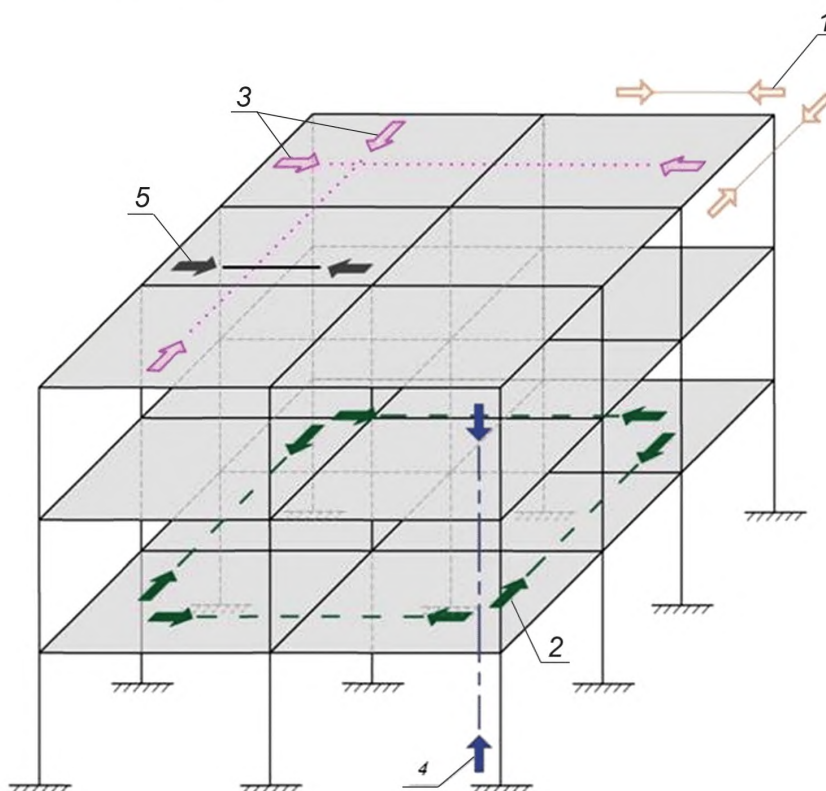
Эти требования обеспечиваются конструктивными мероприятиями, приведенными в 9.2—9.5.

9.2 Многоэтажные каркасные здания

9.2.1 Устанавливают внутренние связи в уровне каждого перекрытия или покрытия в двух взаимно перпендикулярных направлениях, обеспечивающие несущую способность дисков перекрытий при растяжении и сдвиге и работающие на всей длине (рисунок 9.1).

9.2.2 Устанавливают контурные периферийные связи на расстоянии не более чем 1,2 м от края в каждом перекрытии или покрытии. Этими связями следует обеспечивать несущую способность дисков перекрытий и покрытий при растяжении и сдвиге. Связи следует проектировать на основании расчета на восприятие растягивающих усилий одной связью не менее 10 кН (1 тс) на 1 пог. м контура здания.

9.2.3 Устанавливают горизонтальные связи по наружным колоннам или стенам в пределах перекрытий и покрытий. Этими связями следует обеспечивать восприятие усилий растяжения не менее 20 кН (2 тс) на 1 пог. м фасада здания.



1 — связи по угловым колоннам; 2 — контурные связи; 3 — внутренние связи; 4 — вертикальные связи; 5 — горизонтальные связи по внешним колоннам или стенам

Рисунок 9.1 — Возможная схема расположения связей в многоэтажном каркасном здании

9.2.4 Устанавливают вертикальные связи, которые связывают колонны каркасного здания или сооружения на всю его высоту. Эти связи следует рассчитывать на растягивающее усилие, равное значению осевой продольной силы, которая действует в колонне любого из этажей при основных сочетаниях нагрузок. Стыковку связей не допускается выполнять в опорных узлах и середине высоты колонны. Их рекомендуется выполнять на $1/3$ — $1/4$ высоты этажа.

9.2.5 Предусматривают объединение стальных балок с монолитным перекрытием с помощью стэд-болтов или упоров в соответствии с требованиями СП 266.1325800 для обеспечения объединения балок с перекрытием расчетными связями (например, для сталежелезобетонного перекрытия).

9.2.6 Обеспечивают жесткое сопряжение балок с колоннами минимум одного направления.

9.2.7 Вводят в несущую систему многоэтажного здания или сооружения аутригерные конструкции (рисунок 9.2, а) в виде систем перекрестных сплошных или сквозных конструкций (рисунок 9.2, б, в), рассчитанных на восприятие усилий, определяемых в соответствии с результатами расчетов по первичной и вторичной расчетным схемам.

9.2.8 Предусматривают дополнительные конструктивные мероприятия для монолитных железобетонных зданий и сооружений:

- обеспечение восприятия вертикальными связями между низом колонн (пилонов, стен) и перекрытиями (балками, ригелями) растягивающих усилий, определенных в результате расчетов, но не менее 10 кН (1 тс) на м² грузовой площади этой колонны (пилона, стены);

- покрытие и перекрытия следует связывать с колоннами (пилонами, стенами, балками, ригелями) расчетными связями;

- минимальную площадь сечения горизонтальной арматуры (суммарной для нижней и верхней арматуры) в монолитных железобетонных перекрытиях и покрытиях как в продольном, так и в поперечном направлении следует принимать не менее 0,25 % площади сечения бетона. При этом необходимо обеспечить непрерывность указанной арматуры и стыковку (в том числе при возможном изменении расчетной схемы работы перекрытия или покрытия в результате локального разрушения) в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

9.2.9 Для зданий и сооружений со стальным каркасом предусматривают следующие дополнительные конструктивные мероприятия:

- при проектировании стальных конструкций следует исключить возможность хрупкого разрушения конструктивных элементов и их узлов с соблюдением требований, изложенных в СП 16.13330;

- для обеспечения пластичной работы конструктивной системы целесообразно применять малоуглеродистые и низколегированные стали с относительным удлинением не менее 20 %;

- для повышения пространственной жесткости стального каркаса следует предусматривать систему связей, допускающую развитие необходимых деформаций для перераспределения усилий после локального разрушения одного из несущих элементов.

9.3 Крупнопанельные, кирпичные и комбинированные конструкции зданий и сооружений

9.3.1 Установка системы связей в крупнопанельных, кирпичных и комбинированных конструкциях зданий и сооружений в общем случае может быть выполнена по схеме, приведенной на рисунке 9.3.

9.3.2 В рамках осуществления дополнительных конструктивных мероприятий для крупнопанельных зданий устанавливают следующую систему связей:

- горизонтальные в продольном и поперечном направлениях связи между плитами перекрытий и покрытия, обеспечивающие необходимую прочность дисков перекрытий и покрытия при растяжении и сдвиге. При этом связи следует проектировать на восприятие усилий, определенных в соответствии с результатами расчетов, но не менее 15 кН (1,5 тс) на 1 м ширины здания и 10 кН (1,0 тс) на 1 м длины здания (для зданий башенного типа — не менее 10 кН (1 тс) на 1 м размера здания в плане). Расстояние между связями следует назначать не более 3,0 м;

- вертикальные (междуэтажные) связи между несущими стеновыми панелями, обеспечивающие необходимую прочность горизонтальных стыков стен и перекрытий при растяжении и сдвиге. Следует устанавливать не менее двух связей на стеновую панель. При этом если внутренняя стена состоит из нескольких стеновых панелей, объединенных в их вертикальном стыке вертикальными связями, то требуется установка не менее двух связей на внутреннюю стену. Связи следует проектировать на восприятие усилий, определенных в соответствии с результатами расчетов, но не менее 25 кН (2,5 тс) на 1 м длины стеновой панели;

- горизонтальные связи между навесными наружными стеновыми панелями (поверху) и внутренними стеновыми панелями, вертикальные связи между навесными наружными стеновыми панелями (понизу) и плитами перекрытий, совместно обеспечивающие устойчивость положения наружных стеновых панелей и включение их в работу при локальном разрушении. Для одномодульных наружных стеновых панелей требуется установка четырех связей — две с плитами перекрытия, две с внутренними стеновыми панелями. Для двухмодульных наружных стеновых панелей требуется установка восьми связей — четыре с плитами перекрытия (по две на модуль) и четыре с внутренними стеновыми панелями. При этом связи следует проектировать на восприятие усилий, определенных в соответствии с результатами расчетов, но не менее 10 кН (1,0 тс) на 1 м длины наружной стеновой панели;

- лестничные марши и площадки следует связывать с вертикальными элементами, покрытием или перекрытием расчетными связями;

- предусматривать участки (скрытые балки), запроектированные в соответствии с требованиями по степени огнестойкости, представляемыми к несущим конструкциям. Эти участки, имеющие арматуру, расположенную с увеличенным защитным слоем, соединяют вертикальные несущие конструкции и обеспечивают защиту здания от прогрессирующего обрушения. Количество и места расположения арматуры определяются расчетом. В случае применения сборных плит перекрытия, в которых нет такой арматуры, необходимо устраивать монолитные участки.

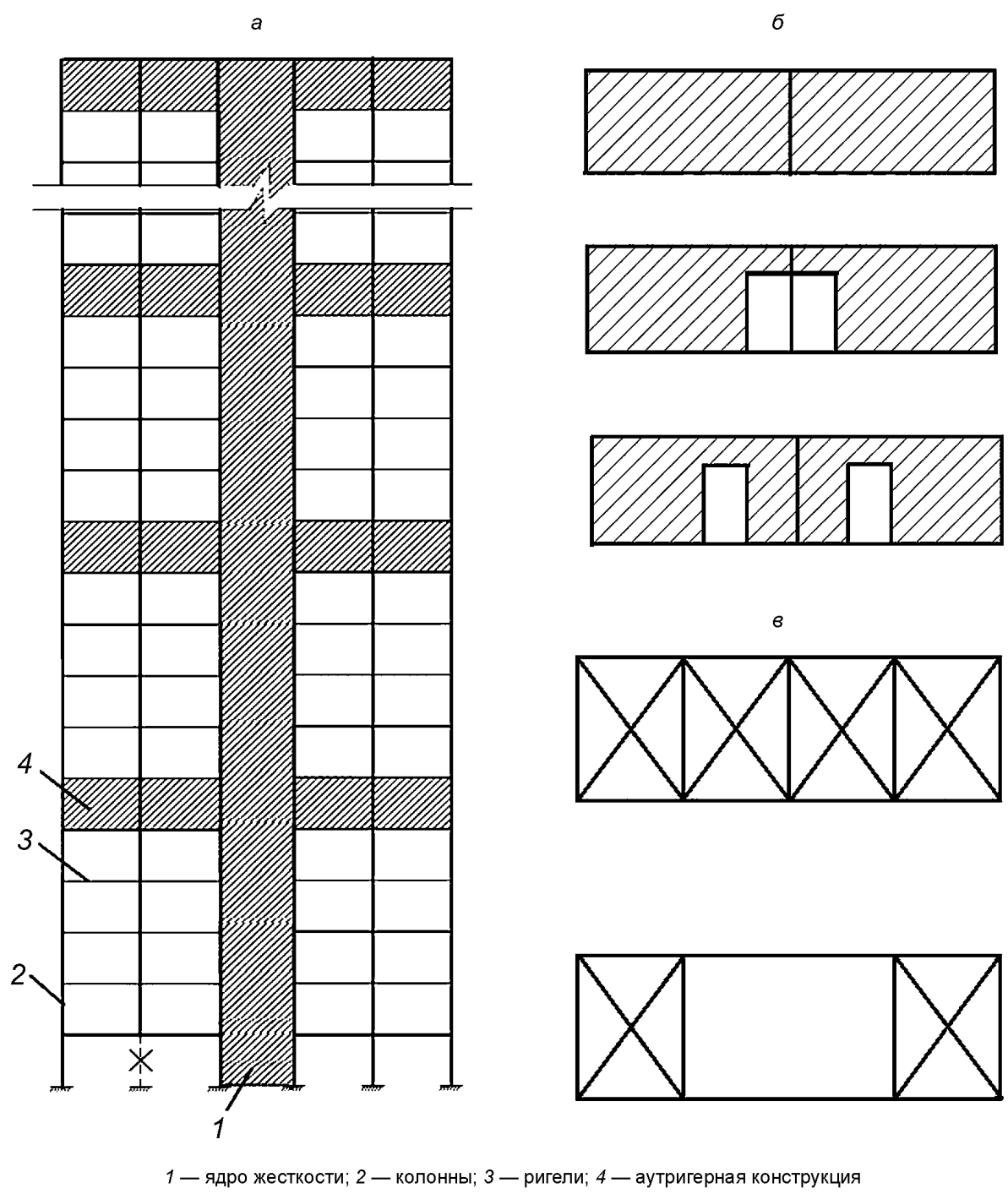
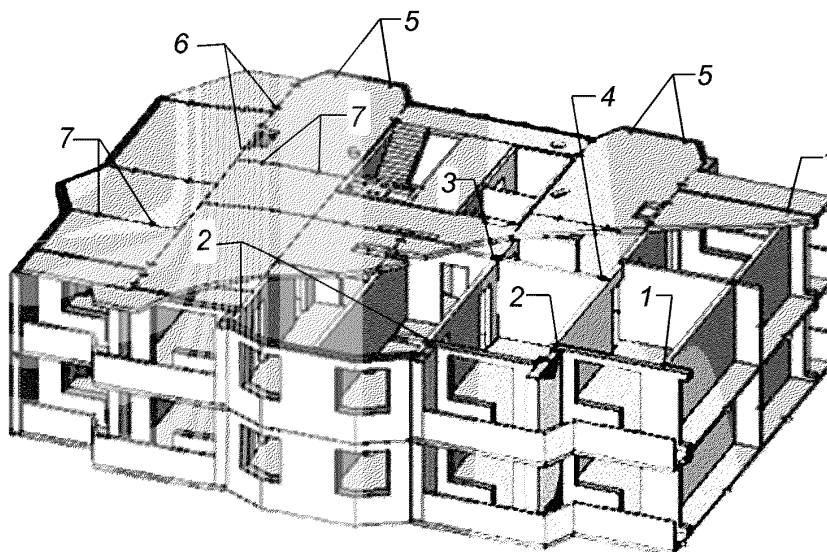


Рисунок 9.2 — Схема расположения аутригерных конструкций (а) и типы этих конструкций сплошного (б) или сквозного (в) сечения



- 1 — связь между панелями наружных и внутренних стен; 2 — связь между продольными наружными несущими стенами;
 3 — связь между продольными внутренними стенами; 4 — связь между поперечными и продольными внутренними стенами;
 5 — связь между наружными стенами и плитами перекрытий; 6 — связь между плитами перекрытий вдоль длины здания;
 7 — связь между плитами перекрытий поперек длины здания

Рисунок 9.3 — Схема расположения связей в крупнопанельном здании

9.3.3 Для кирпичных зданий и сооружений предусматривают следующие дополнительные конструктивные мероприятия:

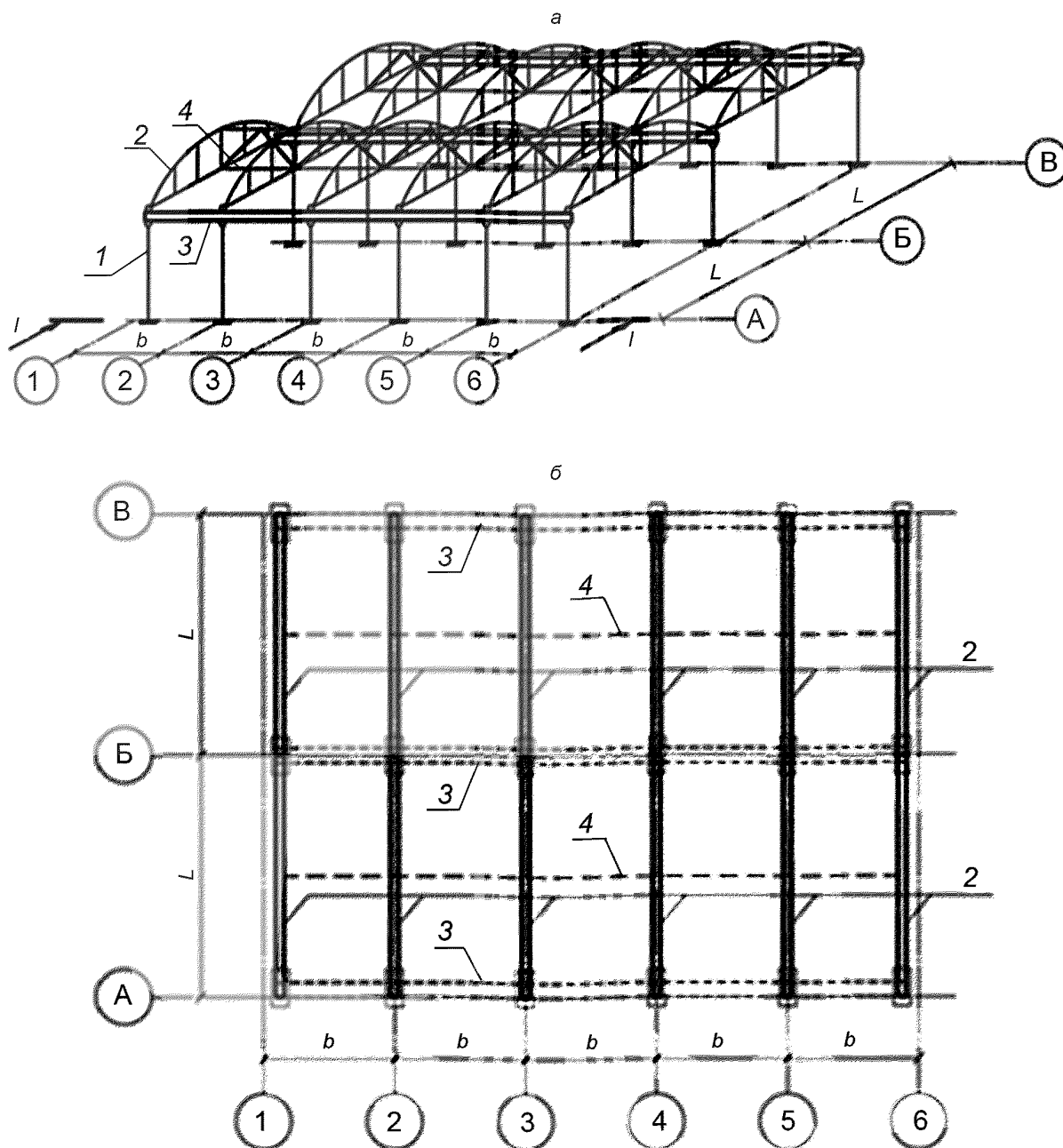
- на каждом этаже по периметру здания следует устраивать пояс армированной кладки между верхом надпроемных перемычек и низом перекрытия. Если низ перекрытия совпадает с верхом надпроемных перемычек, то перемычки необходимо выполнять монолитными железобетонными и непрерывными по всему контуру наружных или внутренних стен, т. е. необходимо устраивать непрерывный монолитный железобетонный пояс по типу антисейсмического;

- толщину внутренних несущих кирпичных стен и внутреннего слоя несущих наружных стен следует принимать по расчету, но не менее 380 мм;

- следует предусматривать горизонтальные в продольном и поперечном направлениях связи между плитами перекрытий и покрытия, обеспечивающие необходимую прочность дисков перекрытий и покрытия при растяжении и сдвиге. При этом связи следует проектировать на восприятие усилий, определенных в соответствии с результатами расчетов, по требованиям СП 15.13330, но не менее усилий, приведенных в 9.3.2.

9.4 Одноэтажные каркасные здания

9.4.1 По всем продольным рядам колонн устанавливают, при необходимости, неразрезные подстропильные конструкции (рисунок 9.4, а, б), обеспечивающие перераспределение усилий после локального разрушения одного из несущих элементов каркаса.



1 — колонна; 2 — стропильная конструкция; 3 — подстропильная конструкция; 4 — связевая ферма в вертикальной плоскости из плоскости стропильной конструкции; ①—⑥, А—В — координатные оси здания; b — шаг колонн; L — пролет

Рисунок 9.4 — Схема расположения подстропильных конструкций и связей в одноэтажном здании: пространственная схема каркаса (а) и план здания (б)

9.4.2 При применении в покрытии сквозных стропильных конструкций (фермы, арки) в плоскостях этих конструкций, при необходимости, предусматривают установку затяжек, связей и других несущих элементов, обеспечивающих перераспределение усилий в случае выключения одного из поясов таких конструкций.

9.5 Большепролетные здания и сооружения

9.5.1 Для большепролетных зданий и сооружений предусматривают дополнительные конструктивные мероприятия:

- конструктивную систему большепролетного здания и сооружения следует проектировать с альтернативными путями передачи усилий при локальном разрушении одного из несущих конструктивных элементов;

- необходимо предусматривать дополнительные конструктивные элементы (колонны, ригели, затяжки, связи, контурные элементы и т. д.), обеспечивающие возможность восприятия измененных усилий при локальном разрушении;

- из конструктивной системы целесообразно исключать конструкции с односторонними связями.

9.6 Здания с деревянным каркасом

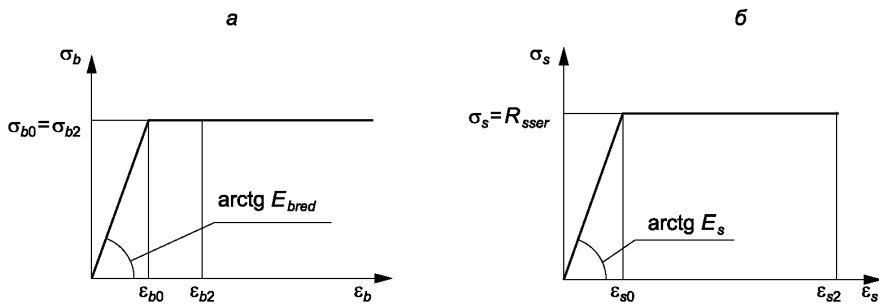
9.6.1 Для зданий с деревянными каркасами предусматривают установку связевых вертикальных ферм по всей длине здания, верхним поясом которых будет обвязочный брус, проходящий по верху колонн и по всей длине здания.

Также может быть принята подстропильная конструкция по схеме рисунка 9.4 в виде фермы.

Дополнить приложением К в следующей редакции:

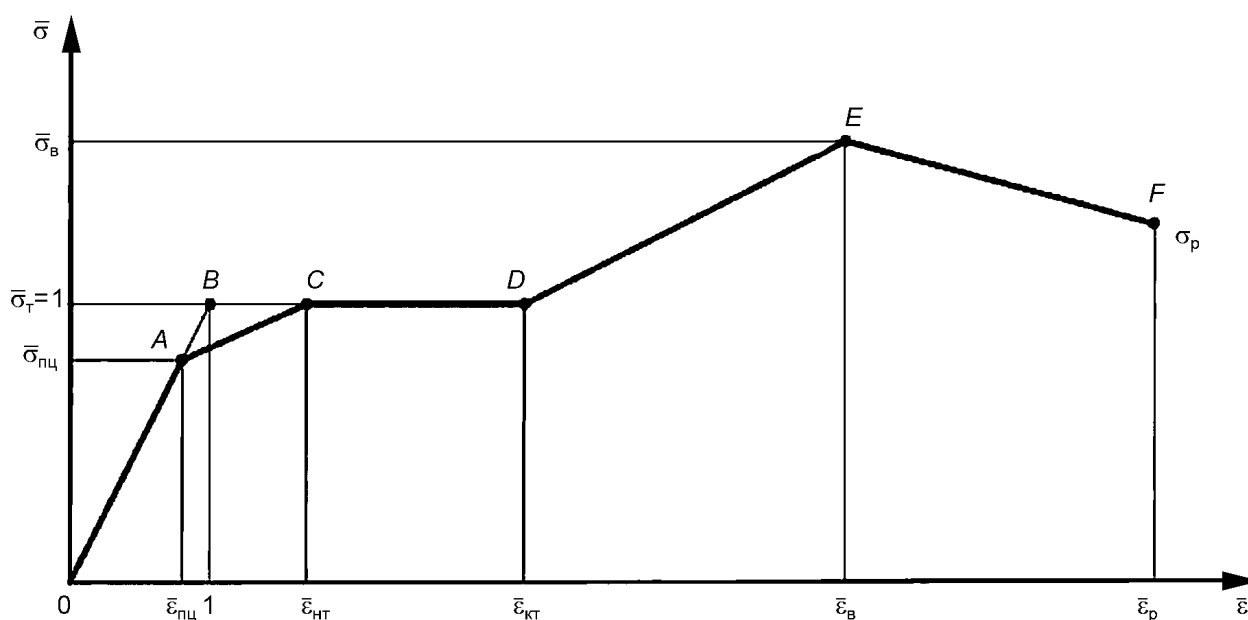
«Приложение К

Диаграммы состояния материалов для особого предельного состояния



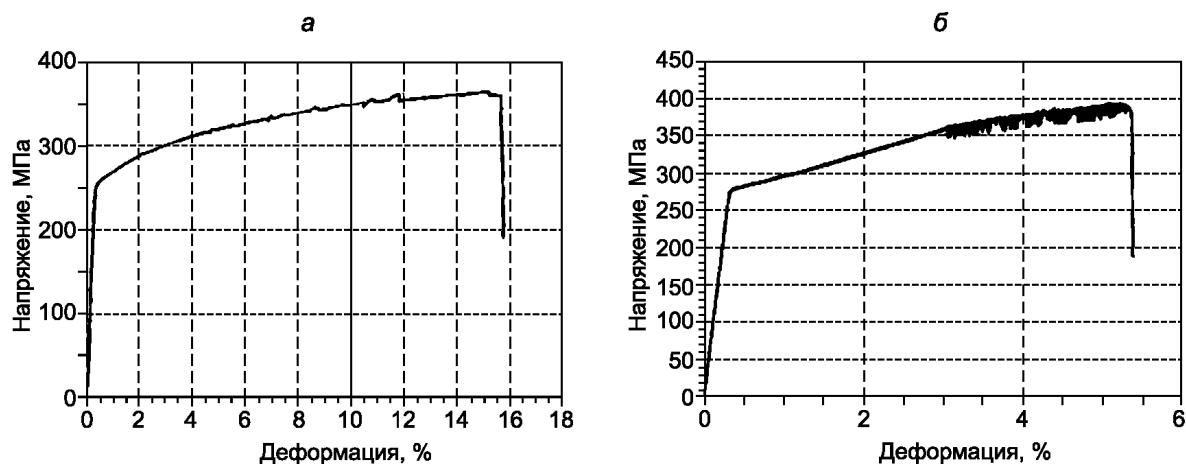
E_{bred} — модуль деформации бетона; E_s — модуль деформации арматуры; ε_b — деформации бетона; ε_s — деформации арматуры; σ_b — напряжения бетона; σ_s — напряжения арматуры

Рисунок К.1 — Диаграммы для определения предельных деформаций бетона (а) и арматуры (б)



$\bar{\sigma}_{пц}$ и $\bar{\epsilon}_{пц}$ — предел пропорциональности и соответствующие деформации; $\bar{\sigma}_т$ и $\bar{\epsilon}_{нт}$ — предел текучести и соответствующие деформации; $\bar{\epsilon}_{кт}$ — деформации, соответствующие концу площадки текучести; $\bar{\sigma}_в$ и $\bar{\epsilon}_в$ — временное сопротивление и соответствующие деформации; $\bar{\sigma}_р$ и $\bar{\epsilon}_р$ — напряжения, предшествующие разрыву, и соответствующие деформации

Рисунок К.2 — Обобщенная расчетная диаграмма работы строительных сталей



а — алюминиевый деформируемый сплав марки 1915т по ГОСТ 4784;
б — алюминиево-магниевый сплав марки 15654 по ГОСТ 4784

Рисунок К.3 — Пример диаграмм расчета

».

Приложение А

Исключить.

Приложение Б

Исключить.

Приложение В

Исключить.

Приложение Г

Исключить.

Приложение Д

Исключить.

Приложение Е

Исключить.

Приложение Ж

Исключить.

Приложение И

Исключить.

Библиография

Позиция [4]. Исключить.

УДК: 699.883; 69.003.12

ОКС 91.120.01

Ключевые слова: здания и сооружения, прогрессирующее обрушение, защита, правила проектирования, расчетные модели, конструктивные решения

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 17.03.2020. Подписано в печать 19.06.2020. Формат 60×84¹/₈. Гарнитура Ариал.

Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,90.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком изменения