

СВОД ПРАВИЛ

СП _____

Первая редакция

**ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ.
АВАРИЙНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

разработан впервые

**Настоящий проект свода правил не подлежит
применению до его утверждения**

Москва 2016

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила разработки – постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил».

Требования безопасности при опасных природных и техногенных процессах и явлениях установлены Федеральным Законом от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛИ – ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» при участии ГУП МНИИТЭП, ФГБУ «ГГО им. А.И. Воейкова».

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры

4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от № и введен в действие с

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему своду правил публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (Минстрой России) в сети Интернет

Содержание

| | Стр. |
|---|------|
| Предисловие | ii |
| Введение | iv |
| 1 Область применения | 1 |
| 2 Нормативные ссылки | 1 |
| 3 Термины и определения | 2 |
| 4 Классификация аварийных воздействий | 2 |
| 5 Общие требования | 3 |
| 6. Требования к расчету на устойчивость против прогрессирующего обрушения для отдельных типов зданий и сооружений | 5 |
| 7. Аварийные климатические воздействия | 6 |
| 8. Библиография | 11 |
| Приложение А (рекомендуемое) Конструктивные требования | 12 |
| Приложение Б (рекомендуемое) Организационные мероприятия по предотвращению или снижению риска возникновения и последствий аварийных воздействий | 16 |
| Приложение В (справочное) Рекомендуемые схемы сценариев локального разрушения конструкций | 17 |
| Приложение Г (рекомендуемое) Дополнительные коэффициенты надёжности для аварийных снеговых, гололёдных нагрузок и температурных климатических воздействий | 18 |
| Приложение Д Методика оценки рисков для зданий и сооружений | 23 |

Введение

Настоящий свод правил разработан с учетом обязательных требований, установленных в Федеральных законах от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», а также ГОСТ 27751 и содержит общие технические требования по назначению нагрузок, воздействий и их сочетаний при строительстве новых, расширении, реконструкции и перевооружении действующих предприятий, зданий и сооружений.

Свод правил разработан авторским коллективом ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» (кандидаты техн. наук: Н.А. Попов, И.В. Лебедева, кандидат физ.-мат. наук И.А. Кириллов, д-р техн. наук П.Г. Еремеев, инженер Е.А. Кикош) при участии ГУП МНИИТЭП (д-р техн. наук Г.И. Шапиро) и ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» (д-р геогр. наук Н.В. Кобышева).

СВОД ПРАВИЛ

АВАРИЙНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Accidental actions

Дата введения _____

1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил устанавливает требования по назначению аварийных воздействий, учитываемых при расчетах зданий и сооружений классов КС-2 и КС-3, нормального и повышенного уровня ответственности по предельным состояниям первой группы в соответствии с положениями ГОСТ 27751.

Настоящий свод правил устанавливает также общие принципы расчета и меры по обеспечению надёжности строительных конструкций и оснований и предотвращению прогрессирующего обрушения зданий и сооружений при аварийных ситуациях природного, техногенного и антропогенного характера в соответствии с положениями ГОСТ 27751.

1.2 Требования настоящего СП не распространяются на сейсмические воздействия и воздействия при пожаре, регламентируемые СП 14.13330.2011, СП 112.13330.2011 и другими нормативными документами.

1.3 Во всех случаях, не указанных в настоящем Своде Правил, дополнительные требования к аварийным воздействиям на строительные конструкции и основания необходимо устанавливать в нормативных документах на отдельные виды сооружений, строительных конструкций и оснований, специальных технических условиях (СТУ), а также заданиях на проектирование с учетом рекомендаций, разработанных в рамках научно-технического сопровождения проектирования.

Пр и м е ч а н и е – Далее по тексту, где это возможно, слова «здания и сооружения» заменены словом «сооружения».

1.4 При проектировании следует учитывать аварийные воздействия, возникающие при возведении и эксплуатации сооружений, а также при проведении реконструкции и капитального ремонта.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

Федеральный закон от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»

ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»

СП 14.13330.2011 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах»

СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции»

СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»

СП 112.13330.2011 «СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений»

СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

СП 132.13330.2011 «Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования».

Примечание При пользовании настоящим СП целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим СП следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем документе использованы следующие термины и их определения, а также принятые в ГОСТ 27751:

особые нагрузки: аварийные, сейсмические воздействия или воздействия при пожаре, отказ одной из несущих строительных конструкций;

аварийные воздействия: воздействия, перечисленные в 5.6 СП 20.13330.2011 (за исключением сейсмических нагрузок и воздействий при пожаре), которые характеризуются малой вероятностью возникновения, короткой по сравнению с расчетным сроком службы сооружения продолжительностью, но приводят к разрушению строительной конструкции, её части или сооружения в целом с катастрофическими последствиями;

аварийная расчетная ситуация: Ситуация, соответствующая исключительным условиям работы сооружения, которые могут привести к существенным социальным, экономическим и экологическим потерям;

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

локальное разрушение: Потеря несущей способности отдельного конструктивного элемента или группы конструктивных элементов на заданной площади локального разрушения;

«ключевой» элемент: Элемент несущей конструкции, разрушение которого приводит к прогрессирующему обрушению всего сооружения.

живучесть: Свойство конструкции противостоять особым воздействиям без возникновения повреждений/отказов в функционировании, которые были бы непропорциональны причине, вызвавшей повреждения.

4 Классификация аварийных воздействий

4.1 К аварийным воздействиям на сооружения относятся:

- а) взрывы любой природы снаружи или внутри сооружения;
- б) нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования;
- в) воздействия, обусловленные деформациями основания, сопровождающимися коренным изменением структуры грунта (например, при замачивании просадочных грунтов) или оседанием его в районах горных выработок и в карстовых;

г) нагрузки от столкновений транспортных средств с частями сооружения;

д) климатические (снеговые, ветровые, температурные и гололедные) нагрузки, действие которых может привести к аварийной расчетной ситуации.

е) ударные воздействия (например, падение башенного крана на сооружение, падение самолёта и т.п.);

ж) аварии зданий и сооружений или значительные повреждения их несущих конструкций, вызванные антропогенными факторами, к которым относятся, в частности:

- ошибки при проектировании;
- дефекты материалов;
- недоброкачественное производство работ (при строительстве сооружения или монтаже оборудования);
- ошибки при эксплуатации зданий, в том числе их промышленного или инженерного оборудования;
- небрежность, некомпетентность, случаи вандализма жильцов, технического персонала или посторонних посетителей здания (в частности, самовольная перепланировка квартир с ослаблением несущих конструкций).

Аварийные расчетные ситуации, вызванные сейсмическими и пожарными воздействиями, рассматриваются в специальных нормативных документах (см. также 1.2).

4.2. Аварийные воздействия подразделяются на

- проектные аварийные воздействия, интенсивность и распределение которых по поверхности или объему сооружений известны и заданы в нормативных документах, Специальных технических условиях или задании на проектирование;

- запроектные аварийные воздействия, действие которых учитывается либо расчетом на прогрессирующее обрушение, либо за счет использования конструктивных и/или организационных мероприятий, которые исключают возможность реализации этих воздействий.

5 Общие требования

5.1.1 В настоящем СП устанавливаются требования к назначению проектных аварийных климатических (снеговых, ветровых, температурных и гололедных) воздействий.

Остальные аварийные воздействия должны рассматриваться как запроектные, если в иных нормативных документах, Специальных технических условиях или задании на проектирование не приводятся их величина и распределение по поверхности или объему сооружения.

5.1.2 При аварийных воздействиях допускаются локальные повреждения или разрушение отдельных элементов несущих конструкций, которые не должны приводить к обрушению всего здания или к разрушению смежных конструкций на площади, превышающей установленную настоящим СП допускаемую площадь локального обрушения.

5.1.3 При проектировании сооружений должны быть разработаны сценарии наиболее опасных вариантов действия аварийных воздействий, которые задаются в Специальных технических условиях или задании на проектирование и утверждаются Заказчиком по согласованию с генпроектировщиком.

Каждый сценарий должен включать в себя одно из проектных аварийных воздействий или один вариант локальных разрушений конструкций для запроектных аварийных воздействий.

При выборе сценариев расчета на устойчивость против прогрессирующего обрушения локальное разрушение может быть расположено в любом месте здания или сооружения.

5.1.4 Для каждого сценария следует назначать «ключевые» элементы, локальное разрушение которых не допускается.

С целью выявления «ключевых» элементов, выход из строя которых влечет за собой прогрессирующее обрушение всей системы, следует выполнить анализ работы конструкции при действии основных сочетаний нагрузок.

Для этих элементов необходимо резервировать дополнительную прочность, а также использовать конструктивные и организационные мероприятия с целью предотвращения их разрушения (см. Приложения А, Б).

5.1.5 Для «ключевых» элементов и узлов их сопряжения вводятся понижающие допускаемое расчетное сопротивление материала дополнительные коэффициенты условий работы $\gamma_{с,доп}$, определяемые в Специальных технических условиях или в задании на проектирование.

Дополнительные коэффициенты условий работы $\gamma_{с,доп}$ следует учитывать только для основных сочетаний нагрузок, одновременно с коэффициентом надежности по ответственности γ_n и коэффициентами условий работы элементов и соединений в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

5.1.6 Для «ключевых» элементов большепролётных сооружений необходимо вводить дополнительный коэффициент условий работы, приведенный в Приложении А, либо устанавливаемый в Специальных технических условиях или в задании на проектирование.

5.1.7 Для обеспечения устойчивости несущих конструкций здания или сооружения против прогрессирующего обрушения, в дополнение к проведению расчета на особое сочетание нагрузок и воздействий с учетом локального обрушения отдельных элементов несущих конструкций, необходимо выполнение конструктивных требований, приведенных в Приложении А, и применение организационных мер безопасности, исключаяющих, предупреждающих или снижающих до минимума влияние аварийных воздействий, описанных в Приложении Б.

Для каждого сценария должен быть проведен анализ риска реализации соответствующих аварийных воздействий (см. приложение Д).

5.1.8 При расчетах строительных конструкций аварийные воздействия необходимо учитывать в особых сочетаниях нагрузок.

Суммарная нагрузка для особых сочетаний, состоящих из постоянных, длительных, кратковременных и одной из аварийных нагрузок, определяется по формуле

$$C_s = C_m + P_s, \quad (5.1)$$

где C_m – нагрузка для основного сочетания (см. 6.2 СП 20.13330.2011);

C_s – нагрузка для особого сочетания (см. 6.2 СП 20.13330.2011);

P_s – аварийная нагрузка или воздействие.

Аварийное воздействие P_s в расчетах принимается без снижения.

Коэффициенты надёжности по нагрузке и коэффициенты сочетаний для всех постоянных, длительных и кратковременных нагрузок следует принимать в соответствии с требованиями СП 20.13330.2011.

5.1.9 При расчетах сооружений на аварийные воздействия коэффициент надежности по ответственности допускается принимать равным 1,0 ($\gamma_n = 1,0$).

5.1.10 Конструктивная система сооружения должна обеспечивать его прочность и устойчивость в случае локального разрушения несущих конструкций для всех избранных сценариев разрушения.

Перемещения, деформации конструкций и раскрытие в них трещин для рассматриваемой аварийной ситуации не ограничиваются.

5.1.11 Расчетные прочностные и деформационные характеристики материалов в расчетах на особые сочетания нагрузок с учетом сценариев прогрессирующего обрушения следует принимать равными их нормативным значениям.

Характеристики сопротивления материалов в случае аварийных воздействий допускается повышать за счет использования дополнительных коэффициентов надежности, указанных в таблице 5.1, и коэффициентов условий работы, учитывающих малую вероятность аварийных воздействий, интенсивный рост прочности бетона в первый период после возведения здания, а также возможность использования арматуры за пределом текучести материала.

Таблица 5.1

| Материал | Напряженное состояние или характеристика материала | Условное обозначение | Коэффициент надежности по материалу |
|----------|--|----------------------|-------------------------------------|
| Бетон | Сжатие | γ_b | 1,15 |
| | Растяжение | γ_{bt} | 1,25 |

Коэффициенты условий работы для бетона принимаются по таблице 5.2, для арматуры всех классов вводится единый коэффициент $\gamma_s=1,1$.

Таблица 5.2

| Факторы, обуславливающие введение коэффициентов | Условное обозначение | Коэффициент условий работы бетона |
|--|----------------------|-----------------------------------|
| 1. Конструкции бетонные | γ_{b1} | 0,9 |
| 2. Нарастание прочности бетона во времени, кроме бетонов класса В50 и выше, бетонов на глиноземистом цементе, алюминатных и алитовых порландцементах | γ_{b2} | 1,25 |
| 3. Элементы заводского изготовления (бетонные и железобетонные) | γ_{b3} | 1,15 |

Расчетные сопротивления прокатной стали следует принимать по СП 16.13330 с учетом допустимости работы пластичных сталей за пределом текучести. Коэффициент условий работы для пластичных сталей принимается равным 1,1.

5.1.12 В тех случаях, когда проектируемое сооружение относится к классу КС-3 по ГОСТ 27751, расчеты целесообразно проводить с учетом физической и геометрической нелинейности.

5.1.13 Устойчивость здания при действии аварийных воздействий считается обеспеченной в том случае, если при всех сценариях прогрессирующего обрушения для всех конструктивных элементов сооружения выполняются условия прочности. При этом перемещения и деформации элементов конструкций не ограничиваются.

6 Требования к расчету на устойчивость против прогрессирующего обрушения для различных типов зданий и сооружений

6.1 Для зданий высотой менее 75 м в качестве локального разрушения следует рассматривать разрушение (удаление) следующих несущих конструкций одного (любого) этажа здания на участке, ограниченном кругом площадью до 40 м²:

а) двух 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 или участке указанного размера;

б) колонны (пилона) или колонн (пилонов) с примыкающими к ним участками стен, в том числе навесных ограждающих панелей, расположенных на участке, не превышающем указанный размер локального разрушения.

Рекомендуемые схемы для сценариев локального разрушения конструкций для кирпичных и панельных зданий приведены в Приложении В.

6.2 Для зданий высотой более 75 м в качестве локального (гипотетического) разрушения следует рассматривать разрушение (удаление) следующих несущих конструкций

одного (любого) этажа здания на участке, ограниченном кругом площадью до 80 м² (диаметр 10 м) для зданий высотой до 200 м и до 100 м² (диаметр 11,5 м) для зданий выше 200 м:

а) 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 или участке указанного размера (при размещении центра круга в месте пересечения стен);

б) отдельно стоящая стена (стены) от края до ближайшего проема или на участке указанного размера (при размещении центра круга на краю стены);

в) отдельно стоящая стена (стены) от края до ближайшего проема или на участке указанного размера (при размещении центра круга в центре тяжести сечения стены);

г) колонн (пилонов) или колонн (пилонов) с примыкающими к ним участками стен, расположенных на участке указанного размера (при размещении центра круга в центре тяжести сечения одной из колонн (пилона));

д) перекрытия на указанной площади.

6.3 В случае обеспечения пластической работы конструктивной системы в предельном состоянии проверку устойчивости против прогрессирующего обрушения элементов, расположенных над локальными разрушениями, рекомендуется проводить кинематическим методом теории предельного равновесия, дающим наиболее экономичное решение.

6.4 Кроме проверки несущей способности конструкции, требуется выполнить проверку здания или сооружения на общую устойчивость и местную устойчивость его элементов для всех расчетных схем, учитывающих локальное разрушение.

6.5 Безопасность большепролетных сооружений (объектов пролетом свыше 36 м) от прогрессирующего обрушения конструкций при аварийных воздействиях должна быть обеспечена правильным выбором и применением одного или нескольких перечисленных ниже мероприятий, в ряде случаев соответствующих определенному аварийному воздействию:

- минимизация влияния возможных ошибок проектирования, изготовления, монтажа или неправильной эксплуатации сооружения;

- назначение необходимых запасов несущей способности «ключевых» элементов конструкций, выявленных посредством анализа работы конструкции;

- введение дополнительных коэффициентов условий работы $\gamma_{с,доп}$, определяемых в Специальных технических условиях на проектирование конкретного большепролетного сооружения (см. табл. А.1 приложения А).

7 Аварийные климатические воздействия

7.1 При расчете строительных конструкций на особые сочетания нагрузок в соответствии с требованиями СП 20.13330.2011 необходимо учитывать расчетные значения аварийных климатических нагрузок и воздействий (снеговых, ветровых, гололедных и температурных), приведенные в 7.6-7.9, которые следует относить к проектным аварийным воздействиям.

7.2 Для учета исключительно редких значений снеговых, гололедных и температурных климатических воздействий, которые для отдельных населенных пунктов значительно превышают свои расчетные значения, установленные с повторяемостью в среднем один раз в 50 лет, вводится дополнительный коэффициент надёжности, который для указанных воздействий следует принимать согласно 7.6, 7.8 и 7.9, соответственно.

7.3 Аварийные климатические воздействия следует учитывать в расчетах на особые сочетания нагрузок для площадок строительства, расположенных в радиусе не более 30 км от населенных пунктов, указанных в таблицах Г.1-Г.4 приложения Г.

Для остальной территории страны аварийные климатические воздействия не учитываются.

7.4 Нормативные значения аварийных климатических нагрузок и воздействий (снеговые и гололедные нагрузки, воздействия температуры и др.) допускается назначать в установленном порядке по данным Росгидромета на основе анализа соответствующих климатических данных для места строительства за период наблюдений не менее 30 лет.

7.5 Коэффициент надёжности по нагрузке для снеговых, гололёдных и температурных климатических воздействий следует принимать в соответствии с СП 20.13330.2011.

7.6 Снеговые нагрузки

7.6.1 Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия для аварийной расчетной ситуации следует определять по формуле

$$S_0 = \gamma_a c_e c_t \mu S_g, \quad (7.1)$$

где γ_a – дополнительный коэффициент надёжности по снеговой нагрузке, принимаемый по таблице Г.1 приложения Г или по данным Росгидромета, но не менее единицы;

c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5-10.9 СП 20.13330.2011;

c_t – термический коэффициент, принимаемый в соответствии с 10.10 СП 20.13330.2011;

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4 СП 20.13330.2011;

S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с 10.2 СП 20.13330.2011.

7.6.2 Дополнительный коэффициент надёжности γ_a по снеговой нагрузке определяется как отношение максимального зарегистрированного значения веса снегового покрова в конкретном пункте к соответствующему расчетному значению веса снегового покрова, принимаемому по картам приложения Ж СП 20.13330.2011.

7.7 Воздействия ветра

К проектным аварийным воздействиям ветра относятся воздействия, которые могут привести к возбуждению аэродинамически неустойчивых колебаний типа галопирования, дивергенции и различных видов флаттера.

7.7.1 Аэродинамически неустойчивые колебания типа галопирования могут возникнуть в протяженных сплошностенчатых сооружениях при выполнении трех условий.

1. Относительное удлинение $\lambda_e > 20$, где λ_e определяется в соответствии с указаниями СП 20.13330.2011.

2. Коэффициент a_g удовлетворяет условию:

$$a_g \equiv \left(\frac{dc_y}{d\alpha} + c_x \right) < 0 \quad (7.2)$$

3. Критическая скорость $V_{cr,g}$ не превышает максимально возможную скорость ветра для места строительства на высоте z , т.е.

$$V_{cr,g} \equiv 2 Sc f_i d / (-a_g \gamma_{cr}) \leq V_{max} \quad (7.3a)$$

$$Sc = 2m_1 \delta / (\rho_a d^2) \quad (7.3b)$$

$$V_{max} = \sqrt{\frac{2w_0 k(z) \gamma_{\pm}}{\rho_a}} \quad (7.3c)$$

В этих соотношениях

Sc - число Скратона;

f_i (Гц) - частота колебаний по i -ой изгибной собственной форме;

d (м) - характерный поперечный размер;

m_1 (кг/м) - эквивалентная погонная масса;

$\rho_a = 1,25 \text{ кг/м}^3$ - плотность воздуха;

$\gamma_{cr} = 1,25$ - коэффициент надежности;

δ = логарифмический декремент при поперечных колебаниях сооружения.

c_x и c_y - соответственно, аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления и боковой силы в поточной системе координат;

Параметры w_0 , $k(z)$ и γ_f определяются в соответствии с указаниями СП 20.13330.2011.

Коэффициент a_g в (7.1) и (7.2) зависит от формы поперечного сечения сооружения, его аэродинамических свойств и определяется на основе результатов модельных испытаний сооружений в аэродинамических трубах или по данным, опубликованным в справочной и технической литературе.

7.7.2 Крутильные неустойчивые колебания типа дивергенции могут возникнуть в протяженных сплошностенчатых сооружениях с прямолинейной осью при условии, что относительное удлинение $\lambda_e > 20$, где λ_e определяется в соответствии с указаниями СП 20.13330.2011.

Критическая скорость ветра, при которой они возникают, определяется по формуле:

$$v_{div} = \sqrt{\frac{2G_t}{\rho d^2 dc_m / d\alpha}} \quad (7.4)$$

где

G_t - жесткость сооружения на кручение;

d (м) - характерный поперечный размер сооружения;

$\rho_a = 1,25 \text{ кг/м}^3$ - плотность воздуха;

c_m - аэродинамический коэффициент момента сил относительно прямолинейной оси сооружения;

$dc_m/d\alpha$ - градиент измерения коэффициента c_m в зависимости от угла атаки α .

7.7.3 Критерии возбуждения различных типов флаттера (классического, срывного, панельного, с одной степенью свободы и др.) устанавливаются в нормах проектирования конструкций, специальных технических условиях или в задании на проектирование на основе результатов модельных испытаний сооружений в аэродинамических трубах или по данным, опубликованным в справочной и технической литературе.

7.7.4 Появление любых типов аэродинамически неустойчивых колебаний типа галопирования, дивергенции или флаттера является не допустимым. Для предотвращения возбуждения подобных колебаний необходимо использовать одно или несколько из следующих мероприятий.

- изменение геометрической формы сооружения;
- повышение демпфирования сооружения;
- перфорация верхней части сооружения, в т.ч. установка ограждающих панелей с зазором (щелевидная перфорация);
- установка спиралевидных ребер;
- установка гасителей колебаний.

7.8 Гололедные нагрузки

7.8.1 Нормативное значение линейной гололедной нагрузки для элементов кругового сечения диаметром до 70 мм включительно (проводов, тросов, оттяжек, мачт, вант и др.) i , Н/м, при аварийной расчетной ситуации следует определять по формуле

$$i = \gamma_a \pi b k \mu_1 (d + b k \mu_1) \rho g 10^{-3}. \quad (7.5)$$

Нормативное значение поверхностной гололедной нагрузки i' , Па, для остальных элементов конструкций, подверженных обледенению, следует определять по формуле

$$i' = \gamma_a b k \mu_2 \rho g, \quad (7.6)$$

где

γ_a - дополнительный коэффициент надёжности по гололедной нагрузке, принимаемый по таблице Г.2 приложения Г или в установленном порядке по данным Росгидромета, но не менее единицы;

b - нормативное значение толщины стенки гололеда, мм (превышаемое в среднем один раз в 5 лет), на элементах кругового сечения диаметром 10 мм, расположенных на высоте 10 м над поверхностью земли;

k - коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте;

d , мм, - диаметр провода, троса;

μ_1 - коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда в зависимости от диаметра элементов кругового сечения;

μ_2 - коэффициент, учитывающий отношение площади поверхности элемента, подверженной обледенению, к полной площади поверхности элемента;

ρ - плотность льда;

g , м/с², - ускорение свободного падения.

Порядок определения и численные значения параметров и коэффициентов в формулах (7.5) и (7.6) принимаются в соответствии с СП 20.13330.2011.

7.9 Температурные климатические воздействия

7.9.1 Средние суточные температуры наружного воздуха в теплое t_{ew} и холодное t_{ec} время года для надземной части сооружений при аварийной расчетной ситуации следует определять по формулам:

$$t_{ec} = \gamma_a t_{\min} + 0,5A_1; \quad (7.7)$$

$$t_{\text{св}} = \gamma_a t_{\text{max}} - 0,5A_{\text{VII}}, \quad (7.8)$$

где γ_a - значения дополнительного коэффициента надёжности, принимаемые для максимальных значений температуры воздуха по таблице Г.3, для минимальных значений температуры воздуха по таблице Г.4;

$t_{\text{min}}, t_{\text{max}}$ – нормативные значения минимальной и максимальной температуры воздуха, соответственно, принимаемые по картам 4 и 5 приложения Ж СП 20.13330.2011;

A_I, A_{VII} – средние суточные амплитуды температуры воздуха наиболее холодного и наиболее теплого месяца, соответственно, принимаемые по таблицам 3.1 и 4.1 СП 131.13330.2012.

7.9.2 Методика расчета на температурные климатические воздействия при особых сочетаниях нагрузок принимается согласно СП 20.13330.2011.

8 Библиография

1. ГОСТ Р 22.0.08.96 БЧС. Техногенные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения.
2. ГОСТ 28870-90. Сталь. Методы испытания на растяжение толстолистового проката в направлении толщины.
3. ГОСТ 22727-88 Прокат листовой. Методы ультразвукового контроля.
4. EN 1990 Eurocode: Basis of structural design, CEN, 2002.
5. EN 1991-1-7 Eurocode 1: Actions on structures Part 1-7: Accidental actions, CEN, 2006.
6. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып. 3., Часть 1,2.
7. Рекомендации по предотвращению прогрессирующих обрушений крупнопанельных зданий. М., 1999.
8. МГСН 3.01-01 Жилые здания. М., 2001.
9. Рекомендации по защите жилых зданий стеновых конструктивных систем при чрезвычайных ситуациях. М., 2000.
10. Рекомендации по защите жилых зданий с несущими кирпичными стенами при чрезвычайных ситуациях., М. 2002.
11. Рекомендации по защите жилых каркасных зданий при чрезвычайных ситуациях. М., 2002.
12. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. М., 2005.
13. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. М., 2006.

Приложение А
(рекомендуемое)
Конструктивные требования

А.1 Для обеспечения устойчивости зданий и сооружений против прогрессирующего обрушения в проекте следует предусмотреть следующие меры:

- выбор рациональных объемно-планировочных решений с учетом минимизации последствий возникновения аварийной ситуации;
- обеспечение многократной статической неопределимости конструкций;
- применение материалов и конструктивных решений, обеспечивающих развитие в элементах конструкций и их соединениях пластических деформаций.

А.2 При проектировании сооружений с учетом требований устойчивости против прогрессирующего обрушения необходимо предусмотреть:

- горизонтальные продольные и поперечные связи между плитами перекрытий, обеспечивающие необходимую прочность дисков перекрытий при растяжении и сдвиге;
- вертикальные (междуэтажные) связи между несущими конструктивными элементами, обеспечивающие необходимую прочность горизонтальных стыков при растяжении и сдвиге;
- горизонтальные связи между навесными наружными стенами и дисками перекрытий, обеспечивающие устойчивость и работу на ветровые и температурные воздействия навесных стеновых панелей.

Необходимо, чтобы после исчерпания несущей способности связь не выключалась из работы и допускала без разрушения сравнительно большие абсолютные деформации.

А.3 Сечение связей должно определяться расчетом на эксплуатационные, монтажные или аварийные воздействия, и воспринимать растягивающие усилия не менее следующих величин:

- для горизонтальных связей, расположенных в перекрытиях вдоль длины протяженного в плане здания, - 15 кН (1,5 тс) на 1 м ширины здания;
- для горизонтальных связей, расположенных в перекрытиях перпендикулярно длине протяженного в плане здания, а также для горизонтальных связей в зданиях с компактным планом - 10 кН (1,0 тс) на 1 м длины здания;
- для горизонтальных связей между бетонными и железобетонными навесными наружными панелями с дисками перекрытий - не менее 10 кН (1 тс) на 1 м длины стены;
- вертикальная междуэтажная арматура пилона (колонны, стены) должна воспринимать растягивающие усилия не менее 10 кН (1 тс) на каждый квадратный метр грузовой площади этого пилона (колонны, стены).

А.4 Для обеспечения устойчивости здания при действии аварийных воздействий необходимо предпринять следующие меры:

1. Обеспечить устройство горизонтальных (в плоскости перекрытия в двух перпендикулярных направлениях) и вертикальных (связывающих колонны и стены непрерывно от основания до уровня покрытия) связей, выдерживающих расчетное растягивающее усилие T .

2. Произвести расчет здания с учетом удаления того или иного несущего элемента (см. Раздел 6), причем площадь обрушения смежных конструкций, вызванного удалением данного элемента, не должна превышать 70 м^2 или 15% площади перекрытия одного этажа.

3. Если вследствие удаления того или иного несущего элемента площадь обрушения превышает лимитированные пределы, то этот несущий элемент должен проектировать-

ся как ключевой элемент конструкции и быть рассчитан на дополнительное аварийное воздействие, минимальное значение которого должно приниматься равным:

- для стержневых элементов в виде сосредоточенной силы не менее чем 35 кН (3,5 тс);
- для пластинчатых и оболочечных элементов не менее чем 10 кН (1 тс) на 1 м² поверхности рассматриваемого элемента.

А.5 Для повышения эффективности сопротивления прогрессирующему обрушению сооружения рекомендуется:

- надпроёмные перемычки, работающие как связи сдвига, проектировать так, чтобы они разрушались от изгиба, а не от действия поперечной силы;
- шпоночные соединения в сборно-монолитных конструкциях проектировать так, чтобы прочность отдельных шпонок на срез была в 1,5 раза больше их прочности при смятии;
- обеспечивать достаточность длины анкеровки арматуры при ее работе как связи сдвига.

А.5 В сооружениях следует отдавать предпочтение монолитным и сборно-монолитным перекрытиям, которые должны быть надежно соединены с вертикальными несущими конструкциями здания стальными связями. Минимальная площадь сечения (суммарная для нижней и верхней арматуры) горизонтальной арматуры, как продольной, так и поперечной в железобетонных перекрытиях и покрытии должна составлять не менее 0,25% от площади сечения бетона.

А.6 Толщина несущих кирпичных стен должна быть не менее 38 см. На каждом этаже внутренние стены, а также внутренний слой наружных стен должны иметь по периметру здания пояс армированной кладки между верхом надпроёмных перемычек и низом перекрытия.

А.7 Для кирпичных зданий на каждом этаже внутренние стены, а также внутренний слой наружных стен должны иметь по периметру здания пояс армированной кладки между верхом надпроёмных перемычек и низом перекрытия. Интенсивность армирования должна быть определена расчетом. Если низ перекрытия (покрытия) на каждом или на некоторых этажах совпадает с верхом надпроёмной перемычки, и вследствие этого армированный пояс кладки устроить не удастся, перемычки следует выполнять монолитными и непрерывными по всему контуру наружных и внутренних стен, т.е. устраивать железобетонный пояс (по типу антисейсмического).

А.8 Перегородки должны быть надежно соединены с перекрытиями связями, исключая горизонтальные перемещения, но допускающими взаимное вертикальное перемещение, т.е. свободный прогиб перекрытий при статической нагрузке. Вместе с тем конструкция крепления перегородки к вышележащему перекрытию должна обеспечивать ее зависание в случае обрушения нижележащего перекрытия.

Перегородки рекомендуется соединять вертикальными стыками с соседними перегородками и стенами металлическими связями. Связи должны быть рассчитаны на восприятие собственного веса перегородок.

А.9 При проектировании большепролетных конструкций следует:

- уделять особое внимание расчетам и конструированию узлов, выполняя их равнопрочными сопрягаемым элементам по опорным сечениям, или когда сечения подобраны по гибкости или по прочности пролетного сечения, применять дополнительный коэффициент условия работы $\gamma_{с.доп} = 0,85$;
- стыки элементов следует располагать вне зоны максимальных усилий;
- применять материалы с повышенными требованиями к их пластичности, хладостойкости и свариваемости;
- качество и марки материалов стальных конструкций следует принимать с учетом степени ответственности большепролетных сооружений для группы 1 по СП 16.13330.2011 с дополнительными требованиями: химический состав и ударная вязкость – в соответствии с таблицами В3 и В4 СП 16.13330.2011; Z-свойства - группа ка-

чества - не менее чем Z35 по ГОСТ 28870; контроль УЗК - не менее 1-го класса сплошности по ГОСТ 22727;

- стальные периметральные колонны (стойки) из труб и стальные наружные опорные контуры коробчатого сечения заполнить бетоном класса прочности на сжатие не ниже В10;

- железобетонные основные несущие элементы следует проектировать с увеличенным количеством хомутов, постановкой спиральной арматуры или использованием внешнего листового армирования;

- нижние части (на высоту не менее 3 м от уровня земли) основных периметральных колонн (стоек) и оттяжек усилить за счет увеличения их массивности (бетонированием), облицовки стальными листами толщиной не менее 20 мм или композиционными материалами из углепластика;

- рекомендовать в качестве большепролетных покрытий использовать пространственные конструкции - сплошные и стержневые оболочки, купола, висячие вантовые, тонколистовые (мембранные) и тентовые покрытия, стержневые пространственные конструкции (структуры), перекрестные системы;

- при применении традиционных конструкций - ферм, рам, арок и т.п. повышать степень их статической неопределимости за счет включения в систему дополнительных связей, обеспечивающих пространственную работу большепролетного покрытия.

А.9 Рекомендуемые величины дополнительных коэффициентов условий работы $\gamma_{с,доп}$ для большепролетных сооружений следует принимать по таблице А.1.

Таблица А.1

Рекомендуемые величины дополнительных коэффициентов условий работы $\gamma_{с,доп}$

| № п.п. | Ключевые элементы конструкции | Пролет, м | Дополнительные коэффициенты условий работы $\gamma_{с,доп}$ в зависимости от расчетного срока эксплуатации сооружения | | |
|--------|---|--------------|---|-----------------|--------------|
| | | | До 50 лет | От 50 до 75 лет | Свыше 75 лет |
| 1 | Сжатые и растянутые железобетонные и стальные опорные контуры оболочек покрытий | До 60 | 1,0 | 0,95 | 0,9 |
| | | От 60 до 100 | 0,95 | 0,9 | 0,85 |
| | | Свыше 100 | 0,9 | 0,85 | 0,8 |
| 2 | Главные ванты и трос-подборы висячих покрытий | До 60 | 1,0 | 0,95 | 0,9 |
| | | От 60 до 100 | 0,95 | 0,9 | 0,85 |
| | | Свыше 100 | 0,9 | 0,85 | 0,8 |
| 3 | Пилоны (стойки) и оттяжки от пилонов (стоек) | До 60 | 1,0 | 0,95 | 0,9 |
| | | От 60 до 100 | 0,95 | 0,9 | 0,85 |
| | | Свыше 100 | 0,9 | 0,85 | 0,8 |
| 4 | Основные колонны (опоры) по периметру сооружения | До 60 | 1,0 | 0,95 | 0,9 |
| | | От 60 до 100 | 0,95 | 0,9 | 0,85 |
| | | Свыше 100 | 0,9 | 0,85 | 0,8 |
| 5 | Основные несущие элементы пролетной конструкции (фермы, балки) | До 60 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | | От 60 до 100 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| | | Свыше 100 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |

| № п.п. | Ключевые элементы конструкции | Пролет, м | Дополнительные коэффициенты условий работы $\gamma_{с,доп}$ в зависимости от расчетного срока эксплуатации сооружения | | |
|---|-------------------------------|-----------|---|-----------------|--------------|
| | | | До 50 лет | От 50 до 75 лет | Свыше 75 лет |
| <i>Примечания</i> | | | | | |
| 1 Дополнительные коэффициенты условий работы $\gamma_{с,доп}$ уменьшают допускаемое расчетное сопротивление материала. | | | | | |
| 2 Приведенные в табл. А.1 дополнительные коэффициенты условий работы $\gamma_{с,доп}$ следует учитывать одновременно с коэффициентом надежности по назначению γ_n и коэффициентами условий работы элементов и соединений в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. | | | | | |
| 3 Приведенные в табл. А.1 дополнительные коэффициенты условий работы $\gamma_{с,доп}$ следует учитывать только для основных сочетаний нагрузок. | | | | | |

Приложение Б
(рекомендуемое)

Организационные мероприятия по предотвращению или снижению риска возникновения и последствий аварийных воздействий

Следует принимать рациональное сочетание нескольких методов обеспечения безопасности конструкций от прогрессирующего обрушения.

К организационным мерам безопасности, исключающим, предупреждающим или снижающим до минимума влияние аварийных воздействий следует отнести комплексное обеспечение безопасности и антитеррористической защищенности:

- возведение защищенного периметра перед сооружением (ограждения в виде массивных тумб, надолбов, подпорных стенок, систему искусственных защитных барьеров) для воспрепятствования приближения транспортных средств к сооружению, в том числе, с целью террористического нападения;

- увеличение размеров зон, недоступных для террористической угрозы, за счет увеличения не менее чем на 50 м расстояния между защищенным периметром и фасадами сооружения;

- разработка комплекса организационных мероприятий по защите сооружения по периметру (въездной контроль, система наблюдения, защита от проникновения внутрь здания с помощью стальных решеток, датчики защитной сигнализации, технические средства досмотра и т.п.)

- технические мероприятия (объемно-планировочные, конструктивные, инженерные, организационные), обеспечивающие своевременную, беспрепятственную и безопасную эвакуацию людей при возникновении аварийных ситуаций;

- запрещение хранения взрывчатых материалов в сооружении или оборудование для их хранения специальных помещений с постоянным контролем выполнения правил их эксплуатации;

- мониторинг состояния несущих конструкций, отслеживающий техническое состояние элементов и конструкций в целом, и организация надлежащей эксплуатации сооружения, для чего в составе проектной документации должен быть предусмотрен специальный раздел с паспортом (регламентом) по эксплуатации сооружения.

Перечисленные мероприятия должны обеспечиваться квалифицированным выполнением проектных и строительных работ, использованием надлежащих стройматериалов, выбором методов контроля и приемки и обязательным их выполнением на всех стадиях проектирования, возведения и эксплуатации сооружения.

**Приложение В
(справочное)**

Рекомендуемые схемы сценариев локального разрушения конструкций

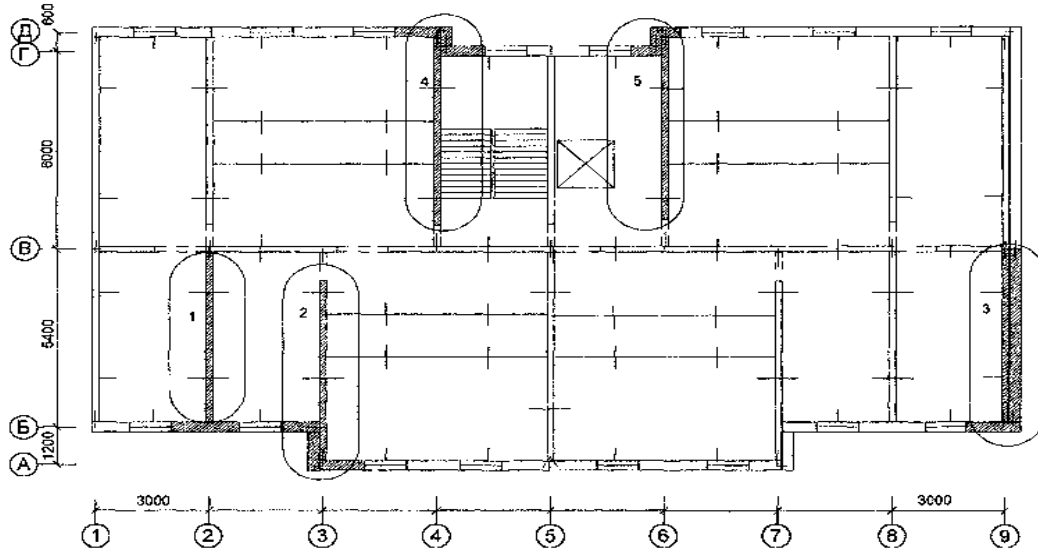
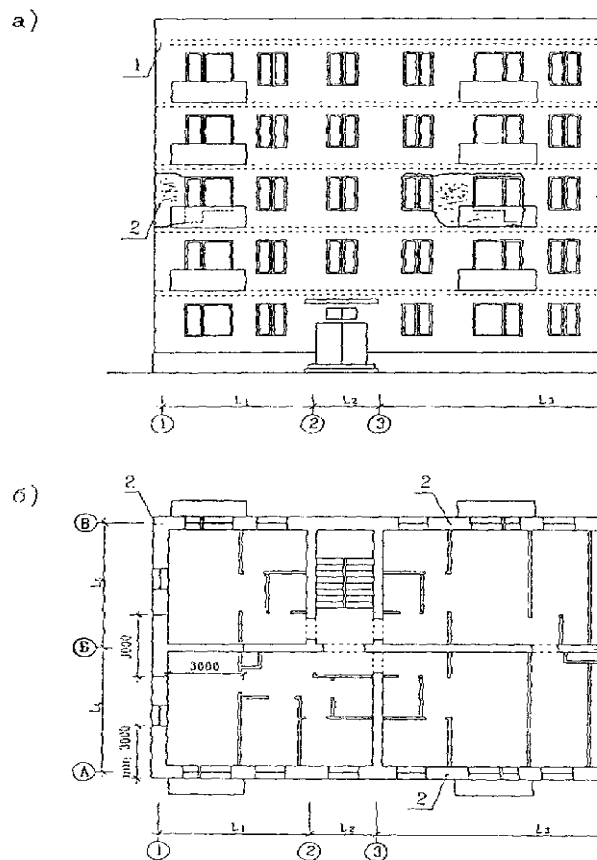


Рисунок Г.1 Рекомендуемые расчетные схемы локальных разрушений для панельных зданий



а) фасад, б) план этажа.

1 - армированные пояса, 2 - варианты расположения гипотетических локальных разрушений.

Рисунок Г.2 Рекомендуемые расчетные схемы локальных разрушений для зданий с несущими кирпичными стенами

**Приложение Г
(рекомендуемое)**

Дополнительные коэффициенты надёжности для аварийных снеговых, гололёдных нагрузок и температурных климатических воздействий

Таблица Г.1

Значения дополнительного коэффициента надёжности γ_a при определении нормативного значения веса снегового покрова S_g на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли

| УГМС | Республика, Край, область | Наименование станции | Снеговой район по СП 20.13330 | Значения коэффициента γ_a |
|----------------------|--------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Уральское | Челябинская область | Таганайгора | III | 2,15 |
| | Республика Башкортостан | Сергеево | V | 1,20 |
| | | Кананикольское | VI | 1,20 |
| | Пермская область | Калинино | V | 1,20 |
| Северо-Кавказское | Республика Северная Осетия | Чикола | I | 1,40 |
| | | Михайловская Колонка | I | 1,50 |
| | Ставропольский край | Донское | II | 1,30 |
| | Ставропольский край | Ставрополь | II | 1,25 |
| | | Прикумск | I | 1,50 |
| | Ростовская область | Вешенская | II | 1,20 |
| | | Ольховый Рог | II | 1,80 |
| | Астраханская область | Верхний Баскунчак | I | 2,00 |
| | Краснодарский край | Тихорецк | II | 1,20 |
| | | Крымск | II | 1,20 |
| Республика Дагестан | Терекли-Мектеб | I | 1,30 | |
| | Куруш 2500 м | I | 3,05 | |
| Северное | Архангельская область | Мудьюг Остров | IV | 1,35 |
| | | Мезень | IV | 1,95 |
| | | Тороповская | V | 1,55 |
| | Вологодская область | Ломоватка | V | 1,25 |
| Мурманское | - | Титовка | V | 1,50 |
| | | Перевал | V | 1,50 |
| Западно-Сибирское | Алтайский Край | Сростки | III | 1,30 |
| | | Волчиха | II | 1,35 |
| | Кемеровская область | Кондома | VII | 1,30 |
| | Новосибирская область | Елбань | III | 1,20 |
| Обь-Иртышское | Омская область | Рязаны | III | 1,45 |
| | | Черлак | II | 1,90 |
| | Ямало-Ненецкий а.о. | Самбург | III | 1,25 |
| Среднесибирское | Красноярский край | Балахта | II | 1,20 |
| | | Вершино-Рыбное | III | 1,35 |
| | | Долгий Мост | II | 1,60 |
| | | Кемчуг | IV | 1,25 |
| | | Верхний Амыл | VII | 1,65 |
| | | Яркино | III | 1,45 |
| Северо-Западное | Псковская область | Узкое | II | 1,30 |
| | Ленинградская область | Волосово | III | 1,30 |
| Центральных областей | Калужская область | Малахово | III | 1,5 |
| | Смоленская область | Болшево | III | 1,8 |
| | Рязанская область | Тума | III | 1,2 |
| | | Деулино | III | 1,35 |
| | Тверская (Калининская) область | Ельцы | III | 1,2 |
| Центрально- | Брянская область | Унеча | III | 1,65 |

СП Аварийные воздействия

| УГМС | Республика, Край, область | Наименование станции | Снеговой район по СП 20.13330 | Значения коэффициента γ_a |
|----------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Черноземных Областей | | Ущерье | III | 1,25 |
| Верхне-Волжское | Кировская область | Нолинск | IV | 1,3 |
| | Нижегородская область | Вознесенское | III | 1,2 |
| | Удмуртская Республика | Грахово | IV | 1,4 |
| Приволжское | Пензенская область | Городище | III | 1,3 |
| | | Пенза | III | 1,35 |
| | Оренбургская область | Кувандык | III | 1,3 |
| Якутское | - | Сеген-Кюель | II | 2,1 |
| | | Томпо | II | 1,25 |
| | | Комака | III | 1,25 |
| | | Тяня | II | 1,25 |
| | | Угино | III | 1,25 |
| | | Нерская Труба | II | 1,4 |
| Иркутское | - | Олха | II | 1,3 |
| Забайкальское | Республика Бурятия | Курумкан | I | 1,4 |
| | | Телемба | I | 1,4 |
| | | Кижя | I | 1,2 |
| | - | Гуля | II | 1,2 |
| | | Вершино-Шахтаминский | I | 1,95 |
| | | Шумиловка | I | 1,35 |
| Сахалинское | - | Погиби | V | 1,55 |
| | | Углегорск | IV | 1,4 |
| | | Новое | V | 1,25 |
| Камчатское | - | Усть-Камчатск | VIII | 1,75 |
| | | Эссо | IV | 1,2 |
| | - | Долиновка | IV | 1,25 |
| | | Семлячки | VIII | 1,25 |
| Колымское | | Хатырка | V | 1,3 |
| Приморское | Приморский Край | Яковлевка | II | 1,4 |
| | | Барабаш | III | 1,25 |
| | | Охотничий | III | 1,3 |
| | | Сергеевка | I | 1,3 |
| Дальнего Востока | Амурский край | Поярково | I | 1,4 |
| | | Помпеевка | I | 1,3 |
| | Еврейская автономная область | Пашково | I | 1,4 |
| | | Чумикан | VI | 1,3 |
| | | Бурукан | V | 1,2 |
| | | Гуга | III | 1,2 |
| | | Елабуга | II | 1,3 |
| | | Помпеевка | I | 1,3 |
| | Хабаровский край | Херан | II | 1,25 |
| | | Озерки | II | 1,25 |
| Калининградское | Калининградская область | Озерки | II | 1,25 |

Таблица Г.2

Значения дополнительного коэффициента надёжности γ_a при определении толщины стенки гололёда b , мм

| Номер | Наименование станции | Широта | Долгота | Гололёдный район по СП 20.13330 | Значения коэффициента γ_a |
|-------|-----------------------|--------|---------|---------------------------------|----------------------------------|
| 20069 | О. Визе | 79,5 | 76,98 | II | 3,55 |
| 22003 | Вайда-Губа | 69,93 | 31,98 | II | 1,70 |
| 25551 | Марково | 64,68 | 170,42 | II | 2,40 |
| 25563 | Анадырь | 64,78 | 177,57 | III | 1,60 |
| 26063 | Санкт-Петербург | 59,97 | 30,3 | II | 1,40 |
| 26275 | Старая Русса | 58,02 | 31,32 | II | 1,60 |
| 27066 | Никольск | 59,53 | 45,47 | I | 2,90 |
| 27083 | Опарино | 59,85 | 48,28 | I | 2,45 |
| 27385 | Яранск | 57,37 | 47,92 | I | 1,25 |
| 27459 | Н. Новгород, АЭ | 56,3 | 44 | II | 1,40 |
| 27485 | Йошкар-Ола | 56,72 | 47,88 | I | 1,30 |
| 28704 | Чулпаново | 54,5 | 50,4 | II | 1,35 |
| 30612 | Балаганск | 54 | 103,07 | II | 1,45 |
| 30710 | Иркутск, обс. | 52,27 | 104,35 | II | 1,40 |
| 32071 | Тымовское | 50,7 | 142,7 | III | 1,90 |
| 32150 | Южно-Сахалинск | 46,95 | 142,72 | III | 1,20 |
| 34003 | Поныри | 52,31 | 36,3 | II | 1,40 |
| 34321 | Валуйки | 50,22 | 38,1 | II | 1,30 |
| 34646 | Цимлянск (Волгодонск) | 47,63 | 42,12 | III | 1,20 |
| 36064 | Яйлю | 51,8 | 87,6 | III | 1,30 |
| 37018 | Туапсе | 44,1 | 39,07 | IV | 1,20 |

Таблица Г.3

Значения дополнительного коэффициента надёжности γ_a
при определении максимальных значений температуры воздуха T_{\max} , °С

| Наименование станции | $T_{\max,50}$, °С | Значения коэффициента γ_a |
|----------------------|--------------------|----------------------------------|
| м. Стерлигова | 28,8 | 1,1 |
| Волочанка | 34,8 | 1,1 |
| Териберка | 35,3 | 1,2 |
| Янискоски | 34,8 | 1,1 |
| Каневка | 33,7 | 1,1 |
| Сортавала | 33,1 | 1,1 |
| Каменный | 29,2 | 1,1 |
| Печора | 37,1 | 1,2 |
| Троицко-Печорское | 36,1 | 1,1 |
| Койгородок | 36,5 | 1,1 |
| Джарджан | 35,1 | 1,1 |
| Санкт-Петербург | 35,5 | 1,1 |
| Великие Луки | 35,1 | 1,1 |
| Торопец | 35,2 | 1,1 |
| Смоленск | 34,9 | 1,1 |
| Трубчевск | 36,7 | 1,1 |
| Кумены | 36,6 | 1,1 |
| Яранск | 37,7 | 1,1 |
| Н. Новгород | 37,7 | 1,1 |
| Москва | 36,5 | 1,1 |
| Коломна | 37,6 | 1,1 |
| Сухиничи | 36,1 | 1,1 |
| Плавск | 38,1 | 1,1 |
| Дебессы | 36,8 | 1,1 |
| Кильмезь | 37,3 | 1,1 |
| Елабуга | 38,2 | 1,1 |
| Златоуст | 36,4 | 1,1 |
| Стерлитамак | 40,0 | 1,1 |
| Тасеево | 36,9 | 1,1 |
| Солянка | 36,0 | 1,1 |
| Карам | 36,5 | 1,1 |
| Цакир | 37,3 | 1,1 |
| Мазаново | 37,4 | 1,1 |
| Чекунда | 37,0 | 1,1 |
| Пограничное | 37,5 | 1,1 |
| Рыльск | 38,3 | 1,1 |
| Поныри | 38,1 | 1,1 |
| Воронеж | 40,0 | 1,1 |
| Эрзин | 41,1 | 1,1 |
| Пятигорск | 38,5 | 1,1 |
| Зеленчукская | 38,4 | 1,1 |

Примечание:

В таблице принято обозначение: $T_{\max,50}$ – превышаемое один раз в 50 лет значение максимальной температуры воздуха, °С.

Таблица Г.4

Значения дополнительного коэффициента надёжности γ_a при определении минимальных значений температуры воздуха T_{\min} , °С

| Наименование станции | $T_{\min,50}$, °С | Значения коэффициента γ_a |
|----------------------|--------------------|----------------------------------|
| о. Котельный | -47,5 | 1,1 |
| о. Врангеля | -47,7 | 1,3 |
| Дудинка | -56,2 | 1,1 |
| Хоседа-Хард | -53,6 | 1,1 |
| Надым | -56,1 | 1,1 |
| Тихвин | -45,3 | 1,1 |
| Старица | -41,6 | 1,1 |
| Трубчевск | -36,7 | 1,1 |
| Киров | -44,6 | 1,1 |
| Максатиха | -43,8 | 1,1 |
| Ветлуга | -42,9 | 1,2 |
| Кумены | -47,7 | 1,1 |
| Переславль-Залесский | -40,3 | 1,1 |
| Кильмезь | -46,3 | 1,2 |
| Енисейск | -58,4 | 1,1 |
| Ачинск ГМО | -53,8 | 1,2 |
| Красноярск, оп. п. | -50,3 | 1,1 |
| Нижнеангарск | -44,4 | 1,1 |
| Усть-Баогузин | -48,8 | 1,1 |
| Улан-Удэ | -48,2 | 1,1 |
| Кяхта | -43,6 | 1,3 |
| Токо | -60,6 | 1,1 |
| Николаевск-на-Амуре | -44,3 | 1,1 |
| Верхняя Томь | -52,1 | 1,1 |
| Хабаровск | -37,9 | 1,1 |
| Дальнереченск | -40,4 | 1,1 |
| Мельничное | -46,2 | 1,1 |
| Тымовское | -50,3 | 1,1 |
| Новоузенск | -37,9 | 1,1 |
| Приморско-Ахтарск | -26,3 | 1,2 |
| Кара-Тюрек | -39,8 | 1,1 |
| Анапа, МГ | -22,8 | 1,2 |
| Шаджатмаз | -26,5 | 1,2 |
| Клухорский перевал | -26,5 | 1,1 |

Примечание:

В таблице принято обозначение: $T_{\min,50}$ – превышаемое один раз в 50 лет значение минимальной температуры воздуха, °С.

Приложение Д (справочное)

Методика оценки рисков для зданий и сооружений

Д.1. Введение

Настоящее приложение содержит рекомендации по планированию и проведению оценки рисков как составной части управления рисками для зданий и инженерных сооружений (см.

Рисунок Д.1).

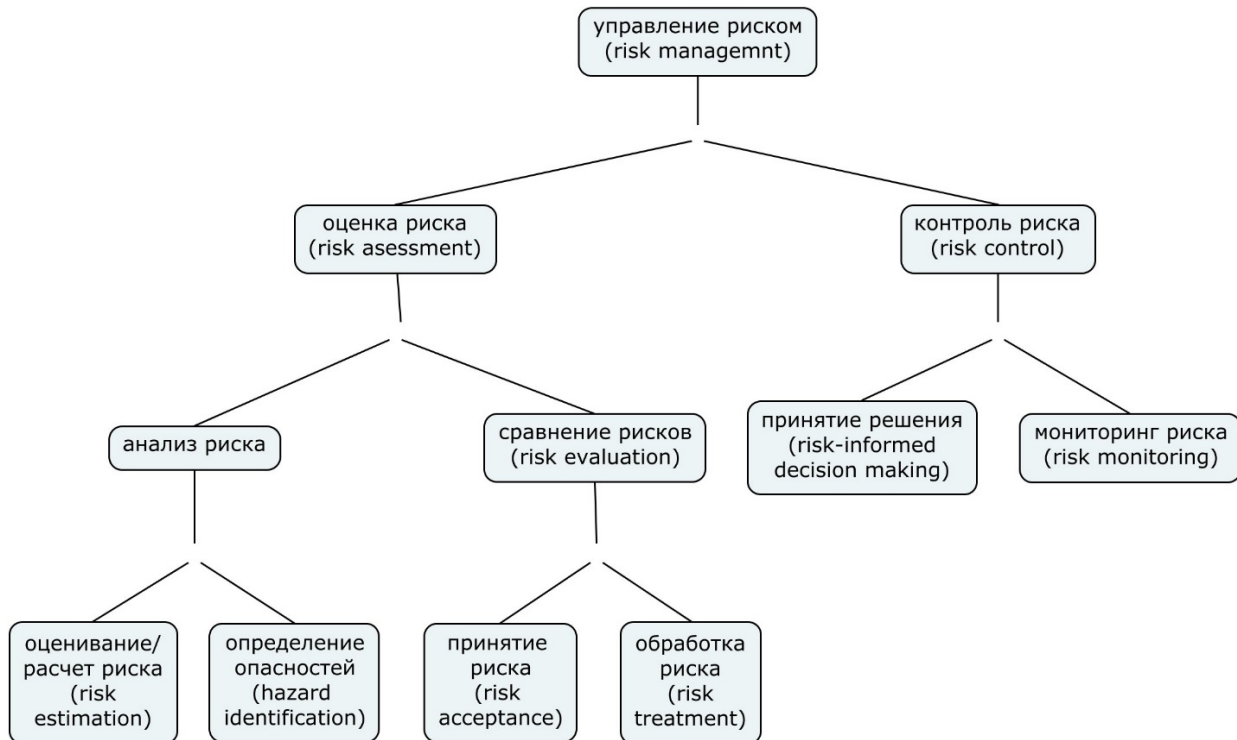


Рисунок Д.1. Концептуальная схема управления риском аварии

Д.2 Цели и результаты анализа и оценки рисков

Д.2.1 Найти технические решения для несущей конструкции и ограждающих систем, инженерных систем жизнеобеспечения и систем защиты здания и выработать организационные меры защиты для расчетных ситуаций, где

Д.2.1.1 величина воздействия существенно превышает характерные величины для нормальных условий эксплуатации,

Д.2.1.2 нет подтвержденной статистики по интенсивности опасного воздействия,

Д.2.1.3 нет надежных экспериментальных данных по моделированию отклика несущей конструкции на опасное воздействие для крупномасштабных или полноразмерных макетов зданий/сооружений.

Д.2.2 установить очередность и критичность действий, направленных на обеспечение требуемого уровня безопасности на всем жизненном цикле здания – от проектирования до вывода из эксплуатации

Д.2.3 установить приоритеты в выборе различных технических решений, обеспечивающих приемлемые риски

Д.2.4 установить приоритеты и периодичность технических инспекций и мониторинга конструкции и инженерных систем здания, критичных для безопасности

Д.3 Общие рекомендации по оценке риска аварии сооружений

Д.3.1 Общая процедура анализа опасностей и оценки риска включает: планирование и организацию работ, идентификацию опасностей, оценку риска, определение степени опасности элементов, компонент или подсистем зданий/сооружений, разработку рекомендаций по уменьшению рисков. Полный алгоритм действий при анализе рисков представлен на рисунке Д.2.

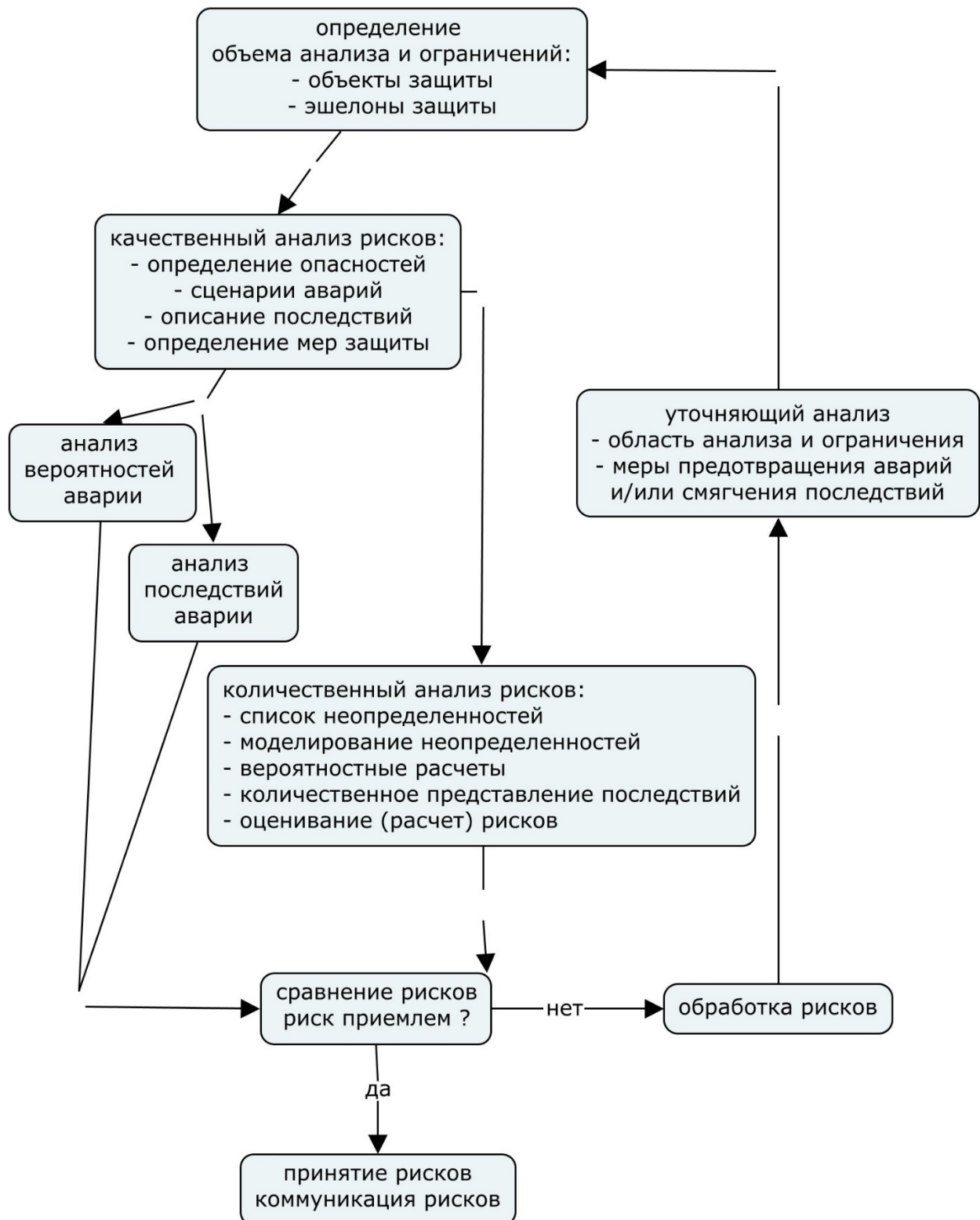


Рисунок Д.2. Схема планирования и организации работ по анализу рисков

Д.3.2 Исходные данные, сделанные допущения и предположения, результаты оценки риска аварий должны быть обоснованы и документально зафиксированы в объеме, достаточном для того, чтобы выполненные расчеты и выводы могли быть повторены и проверены в ходе независимого аудита (например, страховой компанией или надзорными строительными органами, МЧС или уполномоченными ведомствами).

Д.3.3 Форма представления и содержание отчетов по оценке риска аварии должны соответствовать действующим документам по оформлению в области, соответствующей области их применения.

Д.3.4 На стадии предварительного проектирования целесообразно использовать качественные методы анализа рисков, на стадии детального проектирования - количественные методы анализа рисков.

Д.3.5 Качественные методы анализа рисков

В рамках качественной части анализа рисков проводят идентификацию всех угроз и соответствующих сценариев угроз. Идентификация опасностей (угроз) является ключевой задачей при анализе рисков и требует подробного изучения и точного понимания здания как системы, состоящей из несущей конструкции, ограждений, инженерных систем и материальных взаимодействий между ними. Для качественного анализа рисков разработан и апробирован целый ряд методов, позволяющих инженеру выполнять эту часть анализа (например, РНА (анализ процессов и опасностей), HAZOP (анализ опасностей и работоспособности инженерных систем), HAZID (идентификация опасностей), дерево отказов, дерево событий, дерево принятия решений, байесовы сети и т.д.). При анализе строительных рисков следующие условия могут представлять угрозу для конструкции:

- высокие значения обычных воздействий;
- низкие значения сопротивления материалов, возможно, вследствие ошибок или непредусмотренного износа;
- грунтовые условия и иные влияния окружающей среды, не предусмотренные в проекте;
- аварийные воздействия, такие как пожар, взрыв, наводнение (включая размывы), удар или землетрясение;
- неустановленные аварийные воздействия.

При определении сценариев угроз следует учитывать следующее:

- прогнозируемые или известные переменные воздействия на конструкцию;
- условия внешней среды;
- запланированная или действующая программа обследования конструкций;
- общая концепция конструкции, рабочий проект, применяемые строительные материалы и возможные слабые места, в которых возможно возникновение повреждений или износа;
- вид и степень повреждений вследствие установленного сценария угрозы, а также последствия повреждений.

Необходимо определить основной режим использования конструкции, для того чтобы выяснить последствия, влияющие на ее безопасность, в случае отказа при возникновении основной угрозы совместно с вероятными сопутствующими воздействиями.

При качественном анализе возможных механизмов разрушения конструкции необходимо рассмотрение, как минимум, трех стадий аварии:

- иницирующее событие – например, локальное разрушение колонны вследствие взрыва или механического удара,
- эскалация отказов/разрушения – повреждение смежных элементов, отказ систем противопожарного оборудования

Д.3.6 Количественные методы анализа рисков

В рамках количественной части анализа рисков производят численную оценку (с использованием количественных шкал) вероятностей для всех нежелательных событий и оценку тяжести их последствий. Показатели вероятности частично базируются на инженерных оценках и поэтому могут существенно отличаться от фактической частоты отказов. Если отказы можно выразить численно, то риск может быть представлен математическим ожиданием последствий нежелательного события. Для представления результатов анализа рисков допускается использование матрицы рисков или эквивалентной методики представления и коммуникации рисков (см.).

Любые погрешности в расчетах/изображениях данных и моделей требуют тщательного обсуждения. Анализ рисков прекращают на соответствующем уровне, принимая во внимание, например, следующее:

- цели анализа рисков и необходимые решения;
- ограничения, принятые на ранних этапах анализа;
- доступность относящихся к существу вопроса или точных данных;
- последствия от наступления нежелательных событий.

Д.4 Методические рекомендации по основным этапам и методам анализа рисков

Основные этапы анализа рисков следующие:

- идентификация опасностей;
- определение и моделирование аварийных сценариев;
- оценка вероятностей отказов;
- оценка последствий;
- оценка риска;
- анализ уязвимости;
- анализ критичности;
- определение критически важных (ключевых) элементов зданий и сооружений.

Критерий приемлемого риска и защитные меры

Меры по снижению риска (изменение конструкции и организационные меры)

Принятие риск-информированного решения

1. Конструкция должна быть запроектирована для представительных и заслуживающих доверия сценариев аварий, рационально обоснованных в ходе анализа и оценки рисков.
2. При анализе и оценке рисков следует учитывать как определенные (установленные – имеющие статистически значимое эмпирическое, экспериментальное или теоретическое обоснование) воздействия так и неопределенные (неустановленные или непредусмотренные – для которых нет систематизированных, статистически достоверных данных или причины которых трудно или невозможно предусмотреть).
3. В зависимости от уровня неопределенности сценария гипотетической аварии и/или параметров опасного воздействия следует использовать одну из стратегий (методики) защиты конструкции от аварийных воздействий, показанных на рисунке Д.3.
4. В определенных случаях (например, при проектировании сооружений, где отсутствует угроза для людей, а экономическим, социальным и экологическим ущербом можно пренебречь) полное обрушение конструкции в результате аварийных воздействий может быть приемлемым. Обстоятельства, в которых обрушение приемлемо, должны быть согласованы для конкретных проектов с заказчиком и соответствующим компетентным органом.



Рисунок Д.3. Стратегии (методики) защиты конструкции от аварийных воздействий

Д.5 Рекомендации по выполнению анализа рисков для характерных (типовых) сценариев (этот пункт будет уточнен во второй редакции)

Анализ рисков необходимо выполнять для следующих сценариев:

- при взрывах внутри здания;
- при ударах транспортных средств и строительной техники;
- при пожарах;
- при землетрясениях;
- при наводнениях.

Д.5.1 Классы сценариев аварии по последствиям разрушения

Для зданий и сооружений классов КС-2 и КС-3 (нормального и повышенного уровня ответственности по предельным состояниям первой группы в соответствии с положениями ГОСТ 27751) выбор стратегии (методики) для аварийных расчетных ситуаций может быть основан на следующих классах по последствиям разрушения:

Таблица Д. 1. Классы аварийных сценариев по последствиям

| Класс | Последствия | Примечания |
|-------|--|---|
| П1 | незначительные (в масштабе здания) | Локальные разрушения, не препятствующие функционированию здания |
| П2 | низкие (в масштабе здания), обратимые | Локальные разрушения, частичная (менее 50%) потеря функциональности здания |
| П3 | средние (в масштабе здания), необратимые | Отказ одного из элементов, локальные разрушения, значительная (более 50%) потеря функциональности здания, малая вероятность ранения людей и прекращения эксплуатации |
| П4 | тяжелые (в масштабе здания) | Отказ одного или нескольких элементов, локальные разрушения, значительная потеря функциональности здания, невозможность своевременной эвакуации, существенная вероятность ранения людей |

| Класс | Последствия | Примечания |
|-------|---|---|
| П5 | тяжелые (в масштабе здания) и наносящие ущерб смежным зданиям и территориям | Прогрессирующее обрушение, большая вероятность ранения или гибели людей |

Д.5.2 Аварийные расчетные ситуации для различных классов по последствиям разрушения согласно Таблице Д.1 допускается рассматривать следующим образом:

П1 - специальный учет аварийных воздействий не требуется, однако при этом необходимо удостовериться, что учтены все соответствующие правила, касающиеся живучести и общей устойчивости, установленные в ГОСТ 27751;

П2 и П3 - в зависимости от конкретных обстоятельств допускается упрощенный расчет конструкции с применением моделей эквивалентных статических нагрузок или допускается применение традиционных расчетных/конструктивных правил;

П4 и П5 – необходимо выполнение анализа рисков, а также применение методов, включающих динамический анализ, нелинейные модели и учет взаимодействия между нагрузкой и конструкцией.

Д.6 Инженерные рекомендации по снижению риска аварий в зданиях и сооружениях (будут разработаны во второй редакции)

Стратегии снижения риска

Принципы и эвристические методики

УДК 624:04

ОКС 91.040.01

Ключевые слова: аварийные воздействия, прогрессирующее обрушение, локальное разрушение, аварийные климатические воздействия.

Руководитель организации-разработчика
АО «НИЦ «Строительство»

Заместитель генерального директора
по науке

_____ А.И. Звездов

Руководитель разработки

Директор
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

_____ И.И. Ведяков

Исполнитель

Зав. лабораторией №3
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

_____ Н.А. Попов