

Рекомендации по защите зданий от прогрессирующего обрушения  
ПРЕДИСЛОВИЕ

1. ПОДГОТОВЛЕН:  
2. ПРЕДСТАВЛЕН: Департаментом научно-технической политики и нормирования Агентства по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан.  
3. ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом Агентства по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан от 10 февраля 2012 года № 4. С 1 мая 2012 года.  
4. ВЗАМЕН: Впервые

Содержание

Введение

1. Основные термины и определения

2. Общие положения и принципы проектирования защиты зданий и сооружений от прогрессирующих обрушений

3. Расчетные нагрузки и сопротивление материалов

4. Расчет монолитных жилых зданий на устойчивость против прогрессирующего обрушения

5. Расчет панельных зданий на устойчивость против прогрессирующего обрушения

6. Особенности расчета зданий с несущими продольными наружными стенами из легких небетонных материалов

7. Особенности расчета зданий перекрестно-стеновой конструктивной системы с наружными стенами из бетонных или железобетонных панелей

8. Конструктивные требования по защите жилых высотных зданий от прогрессирующего обрушения

9. Мероприятия по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного обрушения при аварийных воздействиях

Приложение А

Приложение Б

Список литературы

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие содержит рекомендации и правила по предотвращению прогрессирующего обрушения от действия неидентифицированных воздействий, которые не предусмотрены действующими нормами и правилами.

Данные рекомендации предназначены как для проектирования и строительства новых, так и для реконструкции и проверки построенных зданий и сооружений.

Исходя из существующей классификации зданий по классу последствий (ответственности) сооружения и категории ответственности конструкций (см. приложение А) существует три класса последствий (ответственности) зданий и сооружений (СС1, СС2, СС3), которые регламентируют уровни нормативно допустимых материальных и (или) социальных последствий, связанных с прекращением дальнейшей эксплуатации или потерей целостности объекта (табл. 1).

Таблица 1

Класс последствий (ответственности) здания или сооружения	Характеристики возможных последствий от отказа здания или сооружения					
	Возможная опасность для здоровья и жизни людей, количество лиц			Объем возможного экономического убытка, м.р.з.п	Потеря объектов культурного наследия, категории объектов	Прекращение функционирования коммуникаций транспорта, связи, энергетики, других инженерных сетей, уровень
	постоянно находящихся на объекте	периодически находящихся на объекте	находящихся за объектом			
СС3 значительные последствия	свыше 300	свыше 1000	свыше 50000	свыше 150000	национального значения	общегосударственный
СС2 средние последствия	от 20 до 300	от 50 до 1000	от 100 до 50000	от 2000 до 150000	местного значения	региональный, местный
СС1 незначительные последствия	до 20	до 50	до 100	до 2000	-	-
<p>Примечание 1. Зданию или сооружению присваивается наивысший класс последствий (ответственности) по одной из всех возможных характеристик возможного убытка от отказа.</p> <p>Примечание 2. Считается, что на объекте постоянно есть люди, если они находятся там не менее восьми часов в сутки и не менее 150 дней в году. Людьми, периодически посещающими объект, считаются люди, находящиеся там не более трех часов в сутки. Опасностью для жизни людей является возможное нарушение нормальных условий жизнедеятельности более чем на трое суток.</p> <p>Примечание 3. Для высотных зданий класс последствий (ответственности) принимается не менее: СС-2- для зданий высотой от 73,5 м до 100 м; СС-3 - для зданий высотой свыше 100 м.</p>						

В зависимости от последствий, которые могут быть вызваны отказом, различают три категории ответственности конструкций и их элементов (А, Б, В):

- А - конструкции и элементы, отказ которых может привести к полной непригодности к эксплуатации здания (сооружения) в целом или значительной ее части.

- Б - конструкции и элементы, отказ которых может привести к усложнению нормальной эксплуатации здания (сооружения) или к отказу других конструкций, не принадлежащих к категории А.

- В - конструкции, отказы которых не приводят к нарушению функционирования других конструкций или их элементов.

Категории ответственности устанавливаются проектировщиком и должны быть приведены в проектной документации. Рекомендации по определению этих категорий, как правило, должны быть приведены в нормах проектирования зданий или сооружений определенного типа [1].

Основная цель данных рекомендаций - обеспечение максимально возможной безопасности зданий и сооружений при возникновении чрезвычайных (аварийных) ситуациях.

## 1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**1.1. Аварийно расчетная ситуация** - явление, представляющее исключительные условия работы конструкций при аварийных воздействиях, которые имеют малую вероятность появления и небольшую продолжительность, но могут приводить к тяжелым последствиям.

**1.2. Авария** - внезапное событие, такое как мощный выброс опасных веществ, пожар или взрыв, которое является следствием нарушения нормальных (проектных) условий эксплуатации предприятия (объекта) и ведет к внезапной и/или последующей угрозе для жизни и здоровья людей, загрязнению окружающей среды, потере материальных ценностей на территории предприятия и/или за его пределами.

**1.3. Локальное разрушение** - разрушение (удаление) вертикальных конструкций одного (любого) из этажей многоэтажного здания вследствие действия запроектных эксплуатационных факторов при чрезвычайных ситуациях.

**1.4. Прогрессирующее (лавинообразное) обрушение** - распространение начального локального повреждения в виде цепной реакции от элемента к элементу, которое, в конечном счете, приводит к обрушению всего сооружения или непропорционально большей его части.

**1.5. Проектная авария (ПА)** - авария, для которой проектом предусмотрены специальные мероприятия активного управления и защиты.

**1.6. Безотказность** - способность объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние на протяжении заданного срока эксплуатации.

**1.7. Безопасность** - свойство объекта при эксплуатации, а также в случае нарушения работоспособности не создавать угрозы для жизни и здоровья людей, а также угрозы для окружающей среды.

**1.8. Отказ** - действие, заключающееся в достижении конструкцией, зданием или сооружением в целом одного из проектных (нормативных) предельных состояний.

**1.9. Отказ-срыв** - отказ, появление которого сразу же вызывает убытки (потери).

**1.10. Отказ-препятствие** - отказ, по достижении которого начинается постепенное накопление убытков (потерь).

**1.11. Ключевой элемент** - конструктивный элемент, разрушение которого приводит к обрушению или угрозе обрушения сооружения в целом.

**1.12. Влияние** - любая причина, в результате которой в конструкции изменяются внутренние напряжения, деформации или другие параметры состояния.

**1.13. Нормативный (проектный) срок службы ( $T_{ef}$ )** - продолжительность эксплуатации объекта, при достижении которой его дальнейшее применение по назначению допускается только после специального подтверждения работоспособности.

**1.14. Потери** - причиненные отказом потери нематериального характера (жизнь и здоровье людей, культурные и духовные ценности и тому подобное).

**1.15. Предельное состояние** - состояние, при котором конструкция или объект перестает отвечать предъявляемым к ним требованиям и ее(его) дальнейшая эксплуатация становится недопустимой, а восстановление ее (его) работоспособного состояния становится экономически или технически нецелесообразным.

**1.16. Долговечность** - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния в условиях установленной системы технического обслуживания и ремонта.

**1.17. Эксплуатация здания (сооружения)** - использование объекта по функциональному назначению с проведением необходимых мероприятий по сохранению работоспособного состояния конструкций (состояние, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения параметров, установленные требованиями технической документации).

**1.18. Нормальная эксплуатация здания (сооружения)** - эксплуатация объекта, осуществляемая без каких-либо ограничений проектных нагрузок и условий эксплуатации.

**1.19. Эффект влияния (эффект нагрузки)** - реакция (внутренние усилия, напряжение, перемещение, деформации) строительных конструкций на учитываемые влияния.

**1.20. Живучесть** - свойство объекта сохранять ограниченную (определенную проектом), работоспособность под влияниями, не предусмотренными нормальными условиями эксплуатации, или при отказе некоторых компонентов объекта, а также способность противостоять неидентифицированным (аварийным) воздействиям без возникновения повреждений, которые были бы непропорциональны причине, вызвавшей повреждение.

**1.21. Обеспеченность значения случайной величины** - вероятность непревышения случайной величиной какого-либо фиксированного ее значения, если неблагоприятными являются ее значения выше этого фиксированного значения, и наоборот, вероятность пребывания случайной величины выше какого-либо фиксированного ее значения, если неблагоприятными являются ее значения ниже этого фиксированного значения.

**1.22. Убытки** - материальные или финансовые потери вследствие отказа.

**1.23. Катастрофа** - крупномасштабная авария, причинившая многочисленные человеческие жертвы, значительные материальные убытки или другие тяжкие последствия.

**1.24. Максимально возможная катастрофа (МВК)** - предусмотренная специальными нормами в условиях существования объекта природная или техногенная катастрофа, при появлении которой главные несущие конструкции должны обеспечить выполнение всех его функций, связанных с безопасностью

**1.25. Коэффициент надежности по ответственности (коэффициент ответственности) ( $\gamma_n$ )** - коэффициент, учитывающий значимость конструкции или объекта в целом, а также возможные последствия отказа.

**1.26. Коэффициент надежности модели** - коэффициент, учитывающий неопределенность расчетной модели.

**1.27. Мода** - значение случайной величины, соответствующее наибольшей частоте вероятности возможных ее реализаций.

**1.28. Нагрузка** - влияние, под которым понимают как непосредственно силовые влияния, так и влияния от смещения опор, изменения температуры, усадки и других подобных явлений, вызывающих реактивные силы.

По продолжительности действия все нагрузки делятся на:

- эпизодическая - нагрузка, которая реализуется чрезвычайно редко (один или несколько раз на протяжении срока эксплуатации сооружения) и продолжительность действия которой несравнимо мала по сравнению со сроком эксплуатации  $T_{ef}$ . Как правило, эпизодическими являются аварийные нагрузки и влияния;

- переменная - нагрузка, для которой нельзя пренебрегать изменением во времени ее значений относительно среднего;

- кратковременная - переменная нагрузка, которая реализуется несколько раз на протяжении срока эксплуатации сооружения и для которой продолжительность действия значительно меньше  $T_{ef}$ .

- постоянная - нагрузка, действующая практически неизменно, на протяжении всего срока эксплуатации сооружения и для которой можно пренебречь изменениями во времени ее значений относительно среднего;

- продолжительная - переменная нагрузка, продолжительность действия которой может приближаться к нормативному сроку эксплуатации конструкции  $T_{ef}$ ;

Базовым нормативным значением любой нагрузки является ее характеристическое значение. Это значение нагрузки, установленное в нормах проектирования.

По базовым значениям определяются расчетные значения нагрузок. Последние определяются умножением характеристического значения на коэффициент надежности по нагрузке.

Различают следующие виды расчетных значений нагрузки:

- предельное расчетное значение нагрузки - значение нагрузки, соответствующей экстремальной ситуации, которая может возникнуть не более одного раза на протяжении срока эксплуатации конструкции, и используется как правило для проверки предельных состояний первой группы, выход за границы которых эквивалентен полной потере работоспособности конструкции;

- эксплуатационное расчетное значение нагрузки - значение нагрузки, характеризующее условия нормальной эксплуатации конструкции. Как правило, эксплуатационное расчетное значение применяется для проверки предельных состояний второй группы, связанных с трудностями нормальной эксплуатации (возникновение недопустимых перемещений конструкции, недопустимая вибрация и недопустимо большое раскрытие трещин в железобетонных конструкциях и тому подобное);

- циклическое расчетное значение - значение нагрузки, используемое для расчета конструкций на выносливость и определяется как гармоничный процесс, эквивалентный по результирующему действию реальному случайному процессу переменной нагрузки;

- квазипостоянное расчетное значение - значение нагрузки, используемое для учета реологических процессов, происходящих под воздействием переменных нагрузок, и определяется как уровень постоянного влияния, эквивалентного по результирующему действию фактическому процессу нагрузки.

Для каждого вида расчетных нагрузок нормами определены свои коэффициенты надежности по нагрузке.

Дополнительно к выше перечисленным видам классификации нагрузок в данных рекомендациях будут различаться:

- идентифицированная - нагрузка, которая определена нормативными документами;

- неидентифицированная - нагрузка, которая не определена нормативными документами;

- *схематизированное (эквивалентное) расчетное значение* - значение с идеализированной зависимостью от времени, устанавливаемой из условия эквивалентности результатов расчета к воздействию реального процесса нагрузки.

**1.29. Нагружающий эффект** - усилие, напряжение, деформации, раскрытие трещин, перемещения или другие механические параметры состояния конструкций (основания), которые вызываются воздействиями на нее.

**1.30. Надзор** - принятая на объекте система наблюдения, фиксации и оценки технического состояния конструкций и их частей.

**1.31. Надежность строительного объекта** - свойство объекта выполнять заданные функции на протяжении заданного промежутка времени в проектных условиях эксплуатации с установленным режимом технического контроля и ремонтно-восстановительных работ.

**1.32. Нелинейность** - отсутствие линейной зависимости между влияниями и нагружающими эффектами, что приводит к нарушению принципа независимости действия сил:

- геометрическая - нелинейная зависимость между деформациями и перемещениями, обусловленная величиной рассматриваемых перемещений и поворотов;

- физическая - нелинейная зависимость между деформациями и напряжениями, обусловленная физическими свойствами материалов, использованных в конструкции.

**1.33. Запредельное состояние** - превышение предела, установленного нормами для предельного состояния.

**1.34. Ремонт** - комплекс операций по обновлению работоспособности объекта и (или) увеличению его долговечности.

**1.35. Ремонтпригодность** - приспособленность объекта к поддержке и возобновлению работоспособного состояния с помощью технического обслуживания и ремонта.

**1.36. Режим эксплуатации нормальный** - режим эксплуатации, при котором объект эксплуатируется в предусмотренных проектом климатических условиях с соблюдением режима выполнения предусмотренных ремонтно-профилактических работ.

**1.37. Риск** - количественная характеристика возможных потерь, причиненных случайными непредусмотренными действиями, вызывающими частичное или полное разрушение сооружения (или мера сочетания вероятности возникновения (или частоты появления) определенной угрозы и масштаба последствий).

**1.38. Работоспособное состояние (работоспособность)** - техническое состояние, при котором объект выполняет все свои функции, сохраняя при этом допустимый уровень риска.

**1.39. Расчетная ситуация** - комплекс условий, который учитывается при расчете и определяет расчетные требования к конструкции. Расчетная ситуация характеризуется расчетной схемой конструкции, видами нагрузок, значениями коэффициентов условий работы и коэффициентов надежности, списком предельных состояний, которые следует рассматривать в данной ситуации.

**1.40. Разрушение вязкое** - разрушение, которое, как правило, проходит произвольно и сопровождается пластической деформацией.

**1.41. Разрушение хрупкое** - разрушение, как правило, случайное, с пренебрежимо малыми деформациями.

**1.42. Исправное состояние объекта** - состояние объекта, при котором он выполняет все предусмотренные функции при условии своевременного проведения предусмотренных проектом ремонтно-профилактических работ.

**1.43. Большепролетные системы** - конструкции пролетом свыше 36 м. Это пространственные конструкции - сплошные и стержневые оболочки, купола, висячие вантовые, тонколистовые (мембранные) и тентовые покрытия, стержневые пространственные конструкции (структуры), перекрестные системы, а также традиционные конструкции больших пролетов - фермы, рамы, арки и т.п.

## **2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩИХ ОБРУШЕНИЙ**

Общие положения по предотвращению прогрессирующего обрушения должны распространяться на все этапы жизненного цикла:

- исследование и проектирование зданий и сооружений;
- изготовление, транспортировку и хранение строительных конструкций и изделий;
- освоение строительной площадки, возведение и прием объекта в эксплуатацию;
- эксплуатация конструкций и объекта в целом;
- реконструкция и дальнейшая эксплуатация в новых условиях;
- ликвидация объекта.

На стадии проектирования необходимо проводить анализ и учет возможных идентифицированных воздействий, которые регламентированы нормативными документами, и неидентифицированных особых воздействий, которые можно спрогнозировать или определить только исходя из анализа работы аналогичных существующих объектов, которые эксплуатируются или эксплуатировались в данной местности.

Сооружения, на которые распространяются соответствующие уровни защиты, должны быть защищены от прогрессирующего (лавинообразного) разрушения в случае локального разрушения отдельных ключевых элементов (конструкций) при действии неидентифицированных воздействий.

Как правило, допускается, что неидентифицированные воздействия, могут приводить к отдельным локальным разрушениям конструкций, однако при этом необходимо, чтобы конструктивная схема здания или сооружения оставалась жизнеспособной в течение определенного временного промежутка, необходимого для эвакуации людей и необходимого оборудования.

Основные направления, которые позволяют обеспечить устойчивость зданий и сооружений при прогрессирующем обрушении состоят в следующем:

- рациональные конструктивно-планировочные решения с учетом возможного возникновения аварийных ситуаций: планировка зданий; их размещение в плане; определение оптимальных независимых блок-конструкций, которые конструктивно не связаны друг с другом; разработка противопожарных конструкций;
- применение конструктивных решений без ярко выраженных ключевых элементов;
- разработка конструктивных решений, обеспечивающих неразрезность конструкций путем совершенствования стыков и связей между конструктивными элементами;
- применение материалов, которые обладают повышенной пластичностью без снижения их прочности, что позволяет обеспечить развитие пластических деформаций в элементах конструкций и их соединений;
- разработка мероприятий, аналогичных защите зданий от сейсмических воздействий.

В общем случае в зависимости от типа здания или сооружения (см. классификацию зданий и сооружений, [приложение А](#)) для защиты от прогрессирующего обрушения необходимо рассматривать следующие расчетные ситуации:

- разрушение 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 (но на суммарной длине не более 7 м);

- разрушение отдельно стоящей колонны (пилона);
- разрушение колонны (пилона) с участками примыкающих стен.
- разрушение (удаление) вертикальных конструкций одного (любого) этажа здания.
- локальные разрушения, включающие разрушения наружных стен, ослабленных дверными проемами выходов на балконы и лоджии;

- локальные разрушения, включающие разрушения внутренних стен, слабо связанных с остальными вертикальными конструкциями из-за наличия дверных проемов, либо из-за балочной разрезки большепролетных плитных перекрытий, или из-за частичного отсутствия связей через перекрытия (стены, примыкающие к лестничным клеткам).

- разрушение панели торцевой поперечной стены, примыкающей к углу здания;
- разрушение панели внутренней поперечной стены, несущей нагрузку от навесных лоджий или балконов и при этом ослабленной дверными проемами.

При оценке устойчивости зданий против прогрессирующего обрушения разрешается рассматривать лишь наиболее опасные расчетные схемы разрушения, которые могут быть различными в зависимости от конкретного вида зданий и сооружений и их конструктивных решений.

Оценка устойчивости здания против прогрессирующего обрушения осуществляется с использованием основных концепций и зависимостей метода предельных состояний. Считается, что устойчивость обеспечена, если для любого элемента соблюдается условие:

$$F \leq S, (2.1)$$

где  $F$  и  $S$  - соответственно, усилие в конструктивном элементе, найденное из выполненного статического расчета, и его расчетная несущая способность.

Во всех случаях при проектировании защиты от прогрессирующего разрушения расчет на прочность и устойчивость основных несущих конструкций ведется только по предельным состояниям первой группы.

Конструкции, для которых требования по прочности не удовлетворяются, должны быть усилены, либо должны быть приняты другие меры, повышающие сопротивление конструкций прогрессирующему обрушению.

При определении предельных усилий в элементах (их несущей способности) следует принимать:

а) длительно действующую часть усилий, которые получены при расчете конструкции без учета локального разрушения;

б) кратковременно действующую часть усилий - как разность усилий, полученных из расчета конструктивной схемы при расчетной схеме с учетом удаления (разрушения) одного из несущих элементов на действие тех же нагрузок, и усилий.

В случае обеспечения пластичной 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. В этом случае расчет здания при каждой выбранной схеме выполняется по следующей процедуре:

- задаются наиболее вероятные механизмы прогрессирующего (вторичного) обрушения элементов здания, потерявших опору (задать механизм разрушения значит определить все разрушаемые связи, в том числе и образовавшиеся пластические шарниры, и найти возможные обобщенные перемещения ( $w_i$ ) по направлению усилий в этих связях);

- для каждого из выбранных механизмов прогрессирующего обрушения определяются 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 не разрушаемым элементам или их частям, и перемещения по направлению их действия ( $u_i$ );

- определяются работы внутренних сил ( $W$ ) и внешних нагрузок ( $U$ ) на возможных перемещениях рассматриваемого механизма

$$W = \sum S_i w_i ; U = \sum U_i u_i$$

и проверяется условие равновесия

$$W \geq U \quad (2.2)$$

Для многоэтажных зданий при оценке возможности одновременного обрушения конструкций всех этажей условия равновесия (1) заменяются условием

$$W_f \geq U_f , \quad (2.3)$$

где  $W_f$  и  $U_f$  - соответственно, работа внутренних и внешних сил на перемещениях конструкций одного этажа; этажи разделяются нижней поверхностью перекрытия, которое относится к этажу, расположенному над перекрытием.

Рассмотренная выше расчетная процедура применима лишь при условии обеспечения пластичной работы отдельных конструктивных элементов и связей между ними в предельном состоянии (см. [раздел 5.2](#)). Если пластичность какого-либо элемента или связи не обеспечена, их работа учитываться не должна (элемент или связь считаются отсутствующими). Если таких элементов и связей, которые могут разрушаться хрупко, слишком много, и их формальное исключение слишком сильно уменьшает оценку сопротивления здания прогрессирующему обрушению, следует или обеспечить пластичность связей, или использовать другую расчетную модель здания.

При каждом выбранном локальном разрушении необходимо рассмотреть все возможные (характерные для конкретного вида здания или сооружения) механизмы прогрессирующего обрушения.

Расчеты выполняются, как правило, с использованием универсальных программных комплексов. При расчете на локальное воздействие расчетные схемы формируются отдельно для каждого одного из возможных видов локальных воздействий.

### 3. РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ И СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

При проектировании зданий и сооружений с учетом их защиты от прогрессирующего обрушения обязательным является расчет по прочности и устойчивости конструкций зданий и сооружений при особом сочетании нагрузок и воздействий, в состав которых входят: постоянные и длительные временные нагрузки, а также воздействие на конструкцию здания локальных разрушений.

Постоянная и длительные временные нагрузки принимаются согласно действующим нормативным документам (или по специальному заданию) с коэффициентами сочетания нагрузок и коэффициентами надежности по нагрузкам, равными единице.

В качестве локальных воздействий следует рассматривать:

- возникновение карстовой воронки диаметром 6 м, расположенной в любом месте под фундаментом здания (для карстоопасных районов);

- повреждение перекрытия общей площадью до 40 м<sup>2</sup>;

- неравномерные осадки основания;

- горизонтальная нагрузка на вертикальные несущие элементы 3.5 т для стержневых и 1 т для пластинчатых на 1 м<sup>2</sup> поверхности рассматриваемого элемента в пределах одного этажа ( коэффициент надежности по нагрузке равен единице);

- разрушение (удаление) конструкций одного (любого) этажа здания, ограниченных кругом площадью до 80 м<sup>2</sup> (диаметр 10 м) для зданий высотой до 200 м и площадью до 100 м<sup>2</sup> (диаметр 11.5 м) для зданий выше 200 м.

Количество учитываемых в одном сочетании расчетных локальных разрушений указанных типов в каждом конкретном случае, определяется индивидуально и зависит от особенностей планировки здания и принятых конструктивных решений, однако, как уже указывалось выше, расчетная модель здания должна разрабатываться отдельно с учетом какого-либо одного из локальных разрушений.

Задача упрощается, если принято здание с простым планом и унифицированы решения сборных элементов и связей между ними. В этом случае можно ограничиться рассмотрением двух-трех наиболее опасных локальных разрушений.

Для зданий и сооружений специального назначения в расчете дополнительно может учитываться и целый ряд других специфических воздействий.

Возможные (расчетные) места возникновения локального разрушения и его вид должны приниматься по худшему варианту.

Расчетные деформационные характеристики материалов принимаются равными их нормативным значениям, согласно действующих норм проектирования железобетонных и стальных конструкций.

Расчетные характеристики сопротивления материалов определяются делением нормативных сопротивлений на коэффициенты надежности по материалу. Применяемые для бетонных и железобетонных конструкций значения коэффициентов надежности указаны в табл. 3.1.

В расчетах на особые сочетания с учетом локальных разрушений коэффициенты условий работы принимаются несколько завышенными по сравнению с обычными расчетами, см. таблицу 3.2, что связано с учетом малой вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Таблица 3.1

Материал	Напряженное состояние или характеристика материала	Условное обозначение	Коэффициент надежности по материалу
Бетон	Сжатие	$\gamma_b$	1,15
	Растяжение	$\gamma_{bt}$	1,25
Арматура	Класс АI (A240C), АII (A300C)	$\gamma_s$	1,1
	Класс АIII (A400C)		1,05
	Проволочная		1,02

Таблица 3.2

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

Коэффициенты условий работы для арматуры всех классов вводится единый коэффициент  $\gamma_s = 1.1$ .

Для металлических конструкций следует применять материалы с повышенными требованиями к их пластичности, хладостойкости и свариваемости. Качество и марки материалов стальных конструкций следует принимать с учетом степени ответственности сооружений для группы 1 по табл. 50\* [СНиП II-23-81\\*](#) с дополнительными требованиями:

- по содержанию вредных примесей не более сера  $\leq 0,01\%$ , фосфор  $\leq 0,015\%$ ;

- по ударной вязкости -  $KCV^{-40} \geq 29$  Дж/см<sup>2</sup>;

- Z-свойства - группа качества не менее чем Z25 по ГОСТ 28870-99;

- контроль УЗК - не менее 2 класса сплошности по ГОСТИ 2727-77.

Коэффициент условий работы для пластичных сталей равен 1,1.

Полный комплекс требований к качеству материалов должен быть отражен в «Технических условиях по изготовлению конструкций».

#### 4. РАСЧЕТ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

Для расчета монолитных жилых зданий рекомендуется использовать пространственную расчетную модель. При этом в расчетную схему включаются элементы, которые при нормальных условиях эксплуатации являются несущими (например, навесные наружные стеновые панели, железобетонные ограждения балконов и т.п.). Это позволяет при локальных воздействиях перераспределить усилия в элементах конструктивной системы.

Расчетная модель здания должна предусматривать возможность удаления (разрушения) отдельных вертикальных конструктивных элементов (см. [раздел 2](#)).

Удаление одного или нескольких элементов изменяет конструктивную схему и характер работы элементов, примыкающих к месту разрушения либо зависших над ним, что необходимо учитывать при назначении жесткостных характеристик элементов и их связей.

Расчет здания можно выполнять с использованием различных программных комплексов. Предпочтительно использование программных комплексов, допускающих возможность учета физической и геометрической

нелинейности жесткостных характеристик элементов и обеспечивающих наибольшую достоверность результатов расчета и снижение дополнительных материалозатрат.

Полученные на основании статического расчета усилия в отдельных конструктивных элементах должны сравниваться с предельными усилиями, которые могут быть восприняты этими элементами.

Для каждого отдельного вида локального разрушения необходимо рассмотреть все указанные возможные механизмы прогрессирующего обрушения. Для монолитных зданий при расчете кинематическим методом теории предельного равновесия можно выделить следующие механизмы разрушения:

§ механизм прогрессирующего обрушения первого типа характеризуется одновременным поступательным смещением вниз всех вертикальных конструкций (или отдельных их частей), расположенных над локальным разрушением;

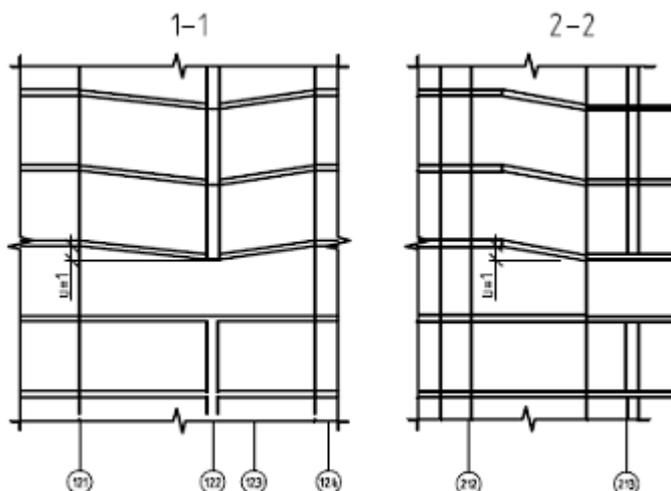


Рис. 4.1.

§ второй механизм прогрессирующего обрушения характеризуется одновременным поворотом каждой конструктивной части здания, расположенной над локальным разрушением, вокруг своего центра вращения; такое смещение приводит к разрушению имеющихся связей в этих конструкциях при неповрежденных элементах здания, либо к разрушению связей сдвига вертикальных элементов перекрытия;

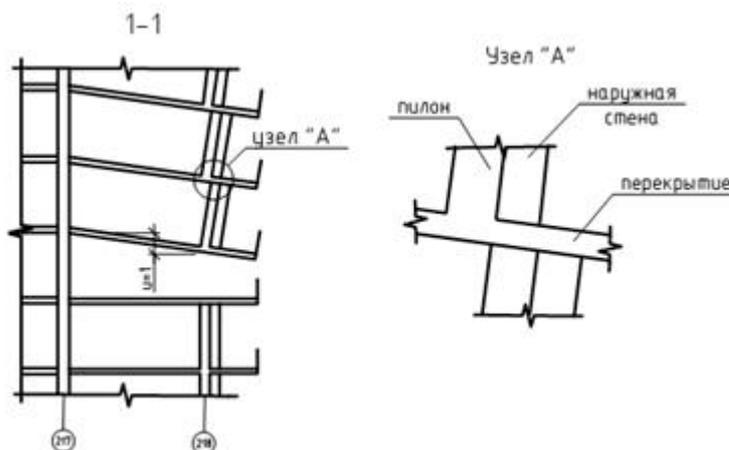


Рис.4.2.

§ третий механизм обрушения - это условие необрушения только участка перекрытия, расположенного непосредственно над выбитой вертикальной конструкцией и первоначально на нее опертого;

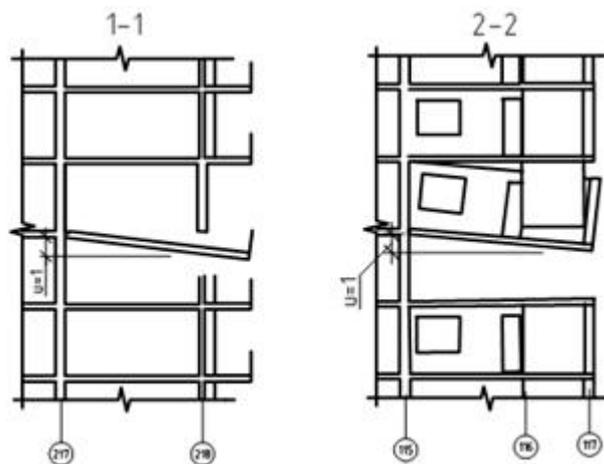


Рис. 4.3.

§ четвертый механизм предусматривает перемещения конструкций лишь одного этажа, расположенного непосредственно над выбитым вертикальным элементом; это приводит к отрыву вертикальных конструкций от перекрытия, которые расположены над ним.

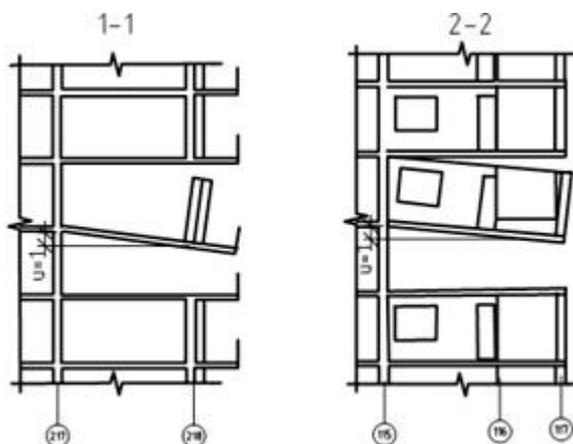


Рис. 4.4.

Если при какой-либо расчетной схеме условие (2) или (3) не выполняется для зданий и сооружений, необходимо добиться его выполнения путем усиления (перераспределения) арматуры конструктивных элементов, либо иными мероприятиями.

В некоторых случаях целесообразно рассматривать работу перекрытий над удаленной колонной (пилоном, стеной) при больших прогибах как элементов висячей системы или с учетом мембранного эффекта.

В несущих колоннах (пилонах, стенах), не расположенных над гипотетическим локальным разрушением, его воздействие приводит к увеличению напряжений и усилий.

## 5. РАСЧЕТ ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

При расчете панельных зданий на сопротивляемость прогрессирующему обрушению нужно различать два типа конструкций - повреждаемые и неповреждаемые. В свою очередь последние разделяются на два типа.

К элементам первого типа относятся неповрежденные стеновые диафрагмы и плиты перекрытия, которые расположены в зоне возникновения локального разрушения. Действие локального разрушения принятого типа не вызывает качественного изменения напряженного состояния, а может привести лишь к увеличению напряжений и усилий.

В связи с тем, что элементы первого типа при нормальных эксплуатационных воздействиях подвергаются нагрузкам в два-три раза ниже разрушающих, а расчетные локальные разрушения, как правило, не могут вызывать перегрузки этих конструкций более чем в два раза, прочность элементов первого типа разрешается не проверять.

Ко второму типу относятся стеновые панели и плиты перекрытий, расположенные над локальным разрушением в рассматриваемом состоянии здания качественно меняется напряженное состояние.

Основной задачей расчета является проверка устойчивости стеновых панелей и плит перекрытий, расположенных выше локального разрушения и потерявших опору в результате локального разрушения стен. Устойчивость этих конструкций зависит как от прочности самих зависших элементов, так и от прочности их связей между собой и с неповрежденными стенами.

Устойчивость панельных зданий против прогрессирующего обрушения можно обеспечивать, в первую очередь, за счет рационального конструирования связей между сборными элементами. Усиление самих сборных элементов, расположенных над локальным разрушением, не рекомендуется.

Одним из наиболее выгодных, с точки зрения экономичности, конструктивным решением является использование связей, материал которых обладает повышенной пластичностью. Это приводит к тому, что в предельном состоянии после исчерпания несущей способности связь не выключалась из работы и допускала без разрушения сравнительно большие абсолютные деформации (порядка нескольких миллиметров).

Конструктивно это можно решить включением специальных пластичных элементов, которые выполнены из пластичной листовой или арматурной стали.

Растянутая линейная связь между сборными элементами, как правило, представляет цепочку последовательно соединенных элементов — анкер закладной детали, закладная деталь, собственно связь, закладная деталь второго элемента и ее анкер. В силу случайной изменчивости сопротивления отдельных элементов этой цепи и их соединений предельное состояние всего стыка определяется по принципу «слабого звена». Соответственно реальная пластичность всего соединения зависит от того, какой элемент окажется слабым, а именно:

- если произойдет выкалывание бетона, в котором анкеруется закладная деталь, то разрушение будет носить хрупкий характер с весьма незначительными абсолютными деформациями, предшествующими выключению связи из работы (рис. 5.1, *а*);

- если разрушится одно из сварных соединений, то, хотя при качественной сварке пластичность и проявится в силу малой протяженности самого разрушаемого звена, абсолютные деформации, предшествующие выключению связи из работы, будут сравнительно невелики (рис.5.1, *б*);

- только в том случае, когда слабым звеном соединения окажется собственно металлическая связь, все соединение проявит максимально возможные пластические свойства (рис. 5.1, *в*).

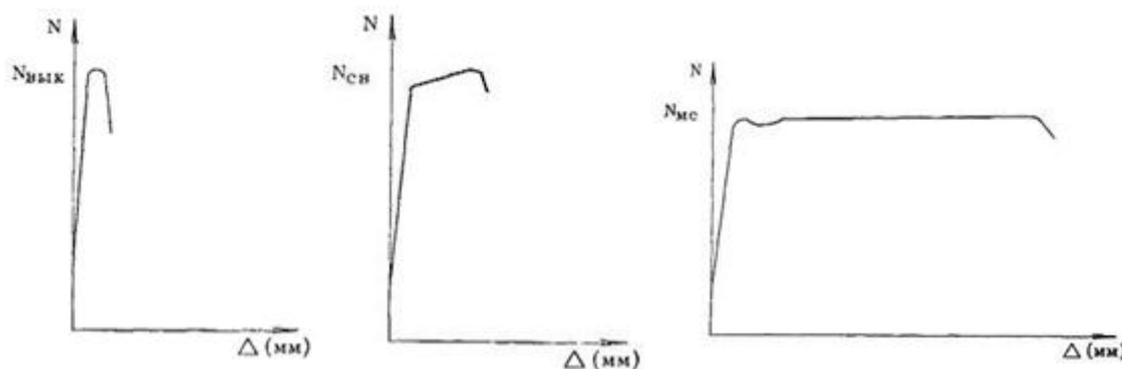


Рис. 5.1. Диаграмма деформирования растянутой линейной связи при разрушении различных ее элементов: *а* — при выкалывании анкерующего бетона; *б* — при разрушении сварных соединений; *в* — при разрушении листовой или стержневой связи

Соединения сборных элементов, препятствующие прогрессирующему обрушению панельных зданий, должны проектироваться неравнопрочными, при этом наименее прочным должен быть тот элемент, разрушение которого обеспечивает наибольшие пластические деформации соединения.

Для выполнения этого условия рекомендуется рассчитывать все элементы соединения, кроме наиболее пластичного, на усилие в 1,5 раза больше прочности пластичного элемента, например, анкеровку закладных деталей и сварные соединения рекомендуется рассчитывать на усилие в 1,5 раза больше, чем саму связь.

Надпроемные перемычки, работающие как связи сдвига, необходимо проектировать так, чтобы они разрушались от изгиба, а не от действия поперечной силы.

Шпоночные сдвиговые соединения необходимо проектировать так, чтобы прочность отдельных шпонок на срез была в 1,5 раза больше их прочности при смятии.

Для расчета панельных зданий на устойчивость к прогрессирующему обрушению рекомендуется использовать пространственную расчетную модель в виде системы пластинок (с проемами или без проемов), соединенных между собой сосредоточенными связями, прочность которых эквивалентна прочности фактических связей между панелями (рис. 5.2, *а*). Такая модель здания должна быть рассчитана при всех выбранных в соответствии с рекомендациями п. 2 расчетных схемах локального разрушения конструкций.

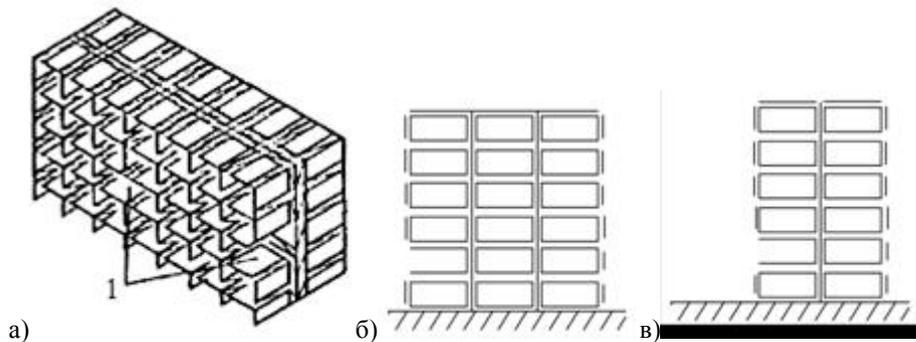


Рис. 5.2.

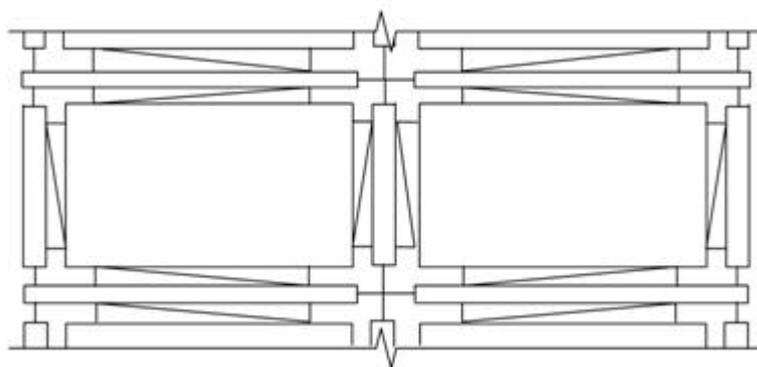


Рис. 5.3. Расчетная модель здания с локальными разрушениями  
1/4 локальные разрушения

В случае обеспечения пластичной работы конструктивной системы здания в предельном состоянии расчет рекомендуется проводить кинематическим методом теории предельного равновесия. В этом случае допускается проверять устойчивость лишь элементов, расположенных над локальным разрушением, и расчет здания при каждой выбранной схеме локального разрушения сводится к следующей процедуре:

- задаются наиболее вероятные механизмы прогрессирующего (вторичного) обрушения конструкций здания, потерявших опору (задать механизм разрушения значит определить все разрушаемые связи и найти возможные обобщенные перемещения ( $w_i$ ) по направлению усилий в этих связях);
- для каждого из выбранных механизмов прогрессирующего обрушения определяются прочности всех пластично разрушаемых связей ( $S_i$ ); находят равнодействующие внешних сил, приложенных к отдельным звеньям механизма, то есть к отдельным неразрушаемым элементам или их частям ( $G_i$ ), и перемещения по направлению их действия ( $u_i$ );
- определяется работа внутренних сил ( $W$ ) и внешних нагрузок ( $U$ ) на возможных перемещениях рассматриваемого механизма

$$W = \sum_i S_i \omega_i; U = \sum_i G_i u_i, \quad (5.1)$$

и проверяется условие равновесия (2.2).

Указанная расчетная процедура справедлива лишь при условии выполнения требований об обеспечении пластичной работы отдельных панелей и связей между ними в предельном состоянии. Если пластичность какой-либо связи не обеспечена, здание должно быть рассчитано на основании упругой пластинчатой модели, включающей расчетное локальное разрушение и позволяющей учесть изменившийся характер работы элементов, потерявших опору. Полученные при этом усилия в отдельных элементах должны сравниваться с их расчетными несущими способностями.

## 6. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЗДАНИЙ С НЕНЕСУЩИМИ ПРОДОЛЬНЫМИ НАРУЖНЫМИ СТЕНАМИ ИЗ ЛЕГКИХ МАТЕРИАЛОВ

Для оценки устойчивости данного типа сооружения необходимо учесть все возможные локальные разрушения.

При каждом выбранном локальном разрушении необходимо рассмотреть все механизмы прогрессирующего обрушения, см. [раздел 4](#) и проверить соответствующие рассматриваемому случаю расчетные условия.

Первый механизм прогрессирующего обрушения характеризуется одновременным поступательным смещением вниз всех стеновых панелей (или отдельных их частей), расположенных над локальным разрушением (рис. 6.1). Такое смещение возможно при разрушении связей сдвига между продольными и поперечными стенами (рис. 6.1, *a*) или при разрушении надпроемных перемычек и плит перекрытий (рис. 6.1, *б*, *в*).

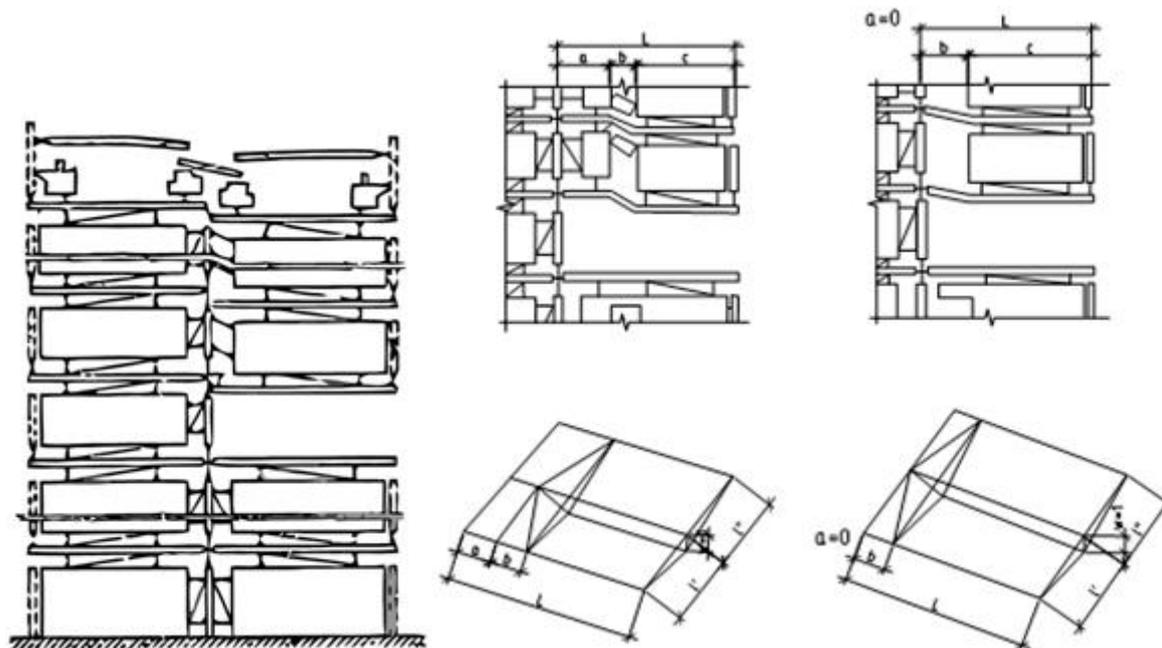


Рис. 6.1. Варианты механизма прогрессирующего обрушения I типа

При оценке возможности одновременного обрушения конструкций всех этажей условие равновесия (2.1) заменяется условием (2.2). При этом возможны несколько вариантов конструктивного решения узла стыковки продольных несущих стен и плит перекрытия и продольных и поперечных стен:

- плиты перекрытий не заведены в продольные несущие стены, обрушению препятствуют лишь связи сдвига между панелями разрушенной поперечной стены и продольной стены (рис. 6.1, *a*);

- плиты перекрытия заведены в продольные и поперечные стены (платформенные стыки), они образуют между ними практически неразрушимую связь сдвига. В этом случае рассматриваются лишь такие разновидности механизма обрушения I типа, которые возможны при ослаблении поперечной стены дверными проемами (см. рис. 6.1, *б*, *в*);

- поперечная стена отделена от продольной дверным проемом и связь между ними отсутствует. Если связь между поперечной стеной и продольной осуществляется перемычкой — «флажком» (см. рис. 6.1, *в*), то прочность левого опорного сечения определяется прочностью горизонтальной линейной связи.

Если же условие (2.2) не соблюдается, возможны два варианта:

- первый — усилением (или перераспределением) арматуры перемычек внутренних стен и плит перекрытий добиться его выполнения;

- второй — перейти к другим конструктивным способам защиты от прогрессирующего обрушения, допускающим очень большие перемещения (десятки сантиметров) элементов, потерявших опору и требующих соответственно выполнять расчет по деформированной схеме.

Механизм прогрессирующего обрушения второго типа характеризуется одновременным поворотом каждой стеновой панели, расположенной над локальным разрушением, вокруг своего центра вращения (рис. 6.2).

Такое смещение требует разрушения растянутых связей этих панелей с неповрежденной стеной ( $S_2$ ; на рис. 6.2, *a*), разрушения связей сдвига стеновых панелей с плитами перекрытий в горизонтальных стыках ( $S_3$  на рис. 6.2) и пластического излома плит перекрытий, первоначально опертых по трем сторонам, по схеме, приведенной на рис. 6.2, *з*.

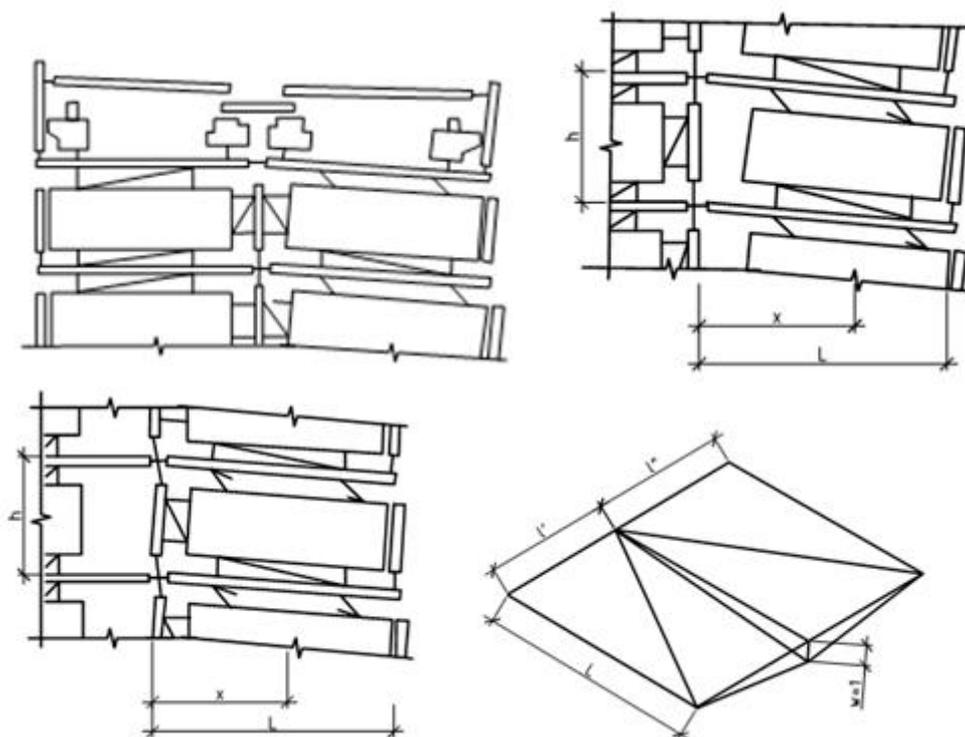


Рис. 6.2. Механизм прогрессирующего разрушения II типа

Выполнения условия (2.2) при механизме обрушения второго типа следует добиваться прежде всего за счет увеличения связей сдвига ( $S_3$ ), так как увеличение прочности растянутой связи ( $S_2$ ) не всегда возможно (рис. 6.2, б), а иногда и нецелесообразно: если к продольной стене прикрепляется поперечная стена лишь с одной стороны, то для учета этой связи в расчете необходимо оценить прочность продольной стены на изгиб из ее плоскости (см. рис.6.2, в).

Помимо условия необрушения (2.2) необходимо оценить возможность обрушения лишь одних плит перекрытий, расположенных непосредственно над выбитой панелью поперечной стены и первоначально опертых по трем сторонам (третий механизм).

Если соотношение (2.2) не выполняется, это значит, что плиты необходимо прикрепить к вышерасположенной поперечной стене связями, воспринимающими растяжение (рис. 6.3).

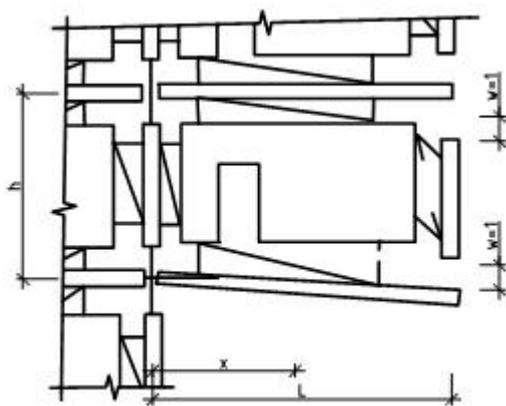


Рис. 6.3. Схема обрушения плит перекрытий

Если перекрытия выполнены из балочных плит, условие (2.2) не выполняется, то в этом случае постановка связей рассматриваемого типа обязательна. При этом их прочность определяется величиной опорных реакций каждой балочной плиты.

Четвертый механизм обрушения предусматривает перемещения конструкций лишь одного этажа, расположенного непосредственно над выбитой панелью поперечной стены (рис. 6.4). Этот механизм предполагает сочетание поступательного перемещения поперечной стены (как в первом механизме) с изломом плит, характерным для второго механизма (см. рис. 6.2, в, г). Такой механизм возможен лишь при ослаблении поперечной стены дверными или оконными проемами.

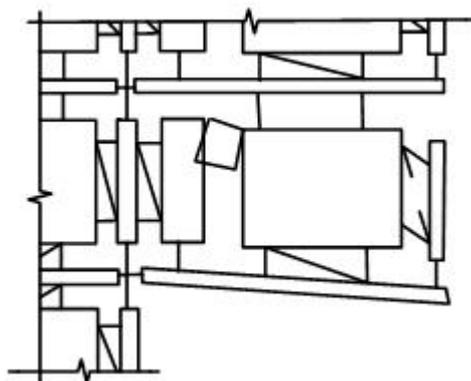


Рис. 6.4. Схема обрушения конструкций одного этажа

Если при локальном разрушении внутренней поперечной стены не удастся предотвратить прогрессирующее обрушение по первой схеме (см. рис. 6.1), рекомендуется специальными связями плит перекрытий обеспечить их эффективное сопротивление прогрессирующему обрушению, при больших прогибах как элементов висячей системы (рис. 6.5). Такой прием обычно оказывается целесообразнее и необходим при локальном разрушении поперечной стены, значительно удаленной от остальных несущих стен и связанной с ними только балочными плитами перекрытий или слабоармированными большепролетными плитами, первоначально опертыми по трем сторонам.

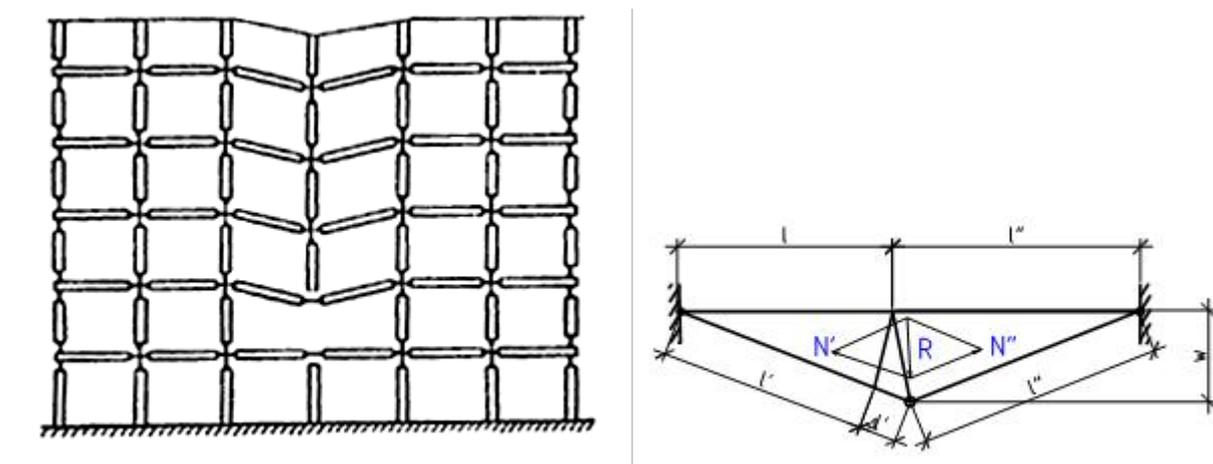


Рис. 6.5. Работа плит перекрытий как элементов висячей системы

Требования, которым должны удовлетворять связи и плиты, образующие висячую систему, вытекают из расчета по деформированной схеме (см. рис. 6.5, б): цепь последовательно соединенных элементов (связь — плита — связь — плита — связь) должна включать очень пластичное звено, которое обеспечивало бы общее удлинение цепи порядка нескольких процентов (естественно, при этом в плитах допускаются какие угодно трещины).

При этом необходимо иметь в виду, что в силу случайной изменчивости сопротивления материалов максимальное возможное удлинение реализуется лишь в одной плите

Максимально возможное относительное удлинение плиты существенно зависит от конструктивного решения плиты, ее арматуры и связей между плитами, от соотношения прочностей отдельных элементов, от их пластичности, от прочности соединения этих элементов; теоретически определить эту величину в общем случае не удастся и поэтому каждое конкретное конструктивное решение рекомендуется оценивать экспериментально.

## 7. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЗДАНИЙ С НАРУЖНЫМИ СТЕНАМИ ИЗ БЕТОННЫХ ИЛИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ

Для данной принятой конструктивной схемы здания наружные стеновые панели с проемом, независимо от типа механизма общего прогрессирующего обрушения, работают на перекос как прямоугольные рамы (рис. 7.1). При этом, если плиты перекрытий заведены в наружные стены, то они тоже вовлекаются в работу и характер их разрушения изменяется так, что к основным пластическим шарнирам, показанным на рис. 6.1 и 6.2, добавляются шарниры, связанные с изломом внешнего края плиты (рис. 7.2). При проверке возможности обрушения только плит перекрытий этих шарниров нет.

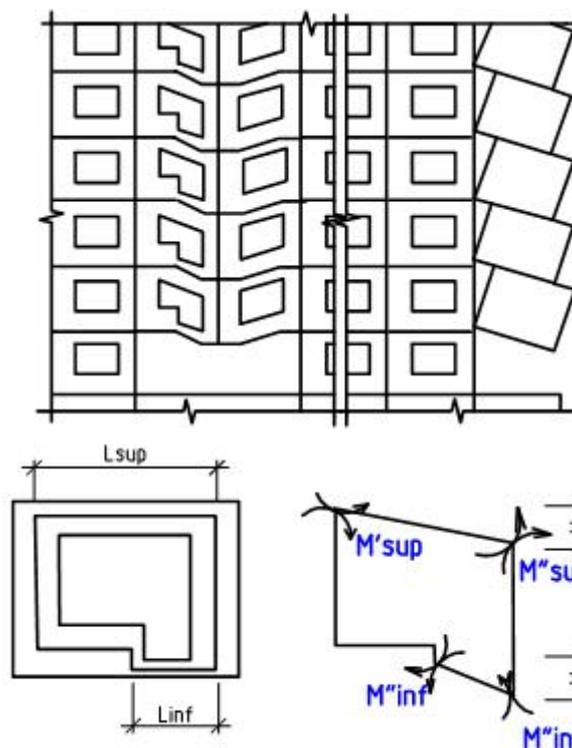


Рис. 7.1. Работа элементов наружных стен

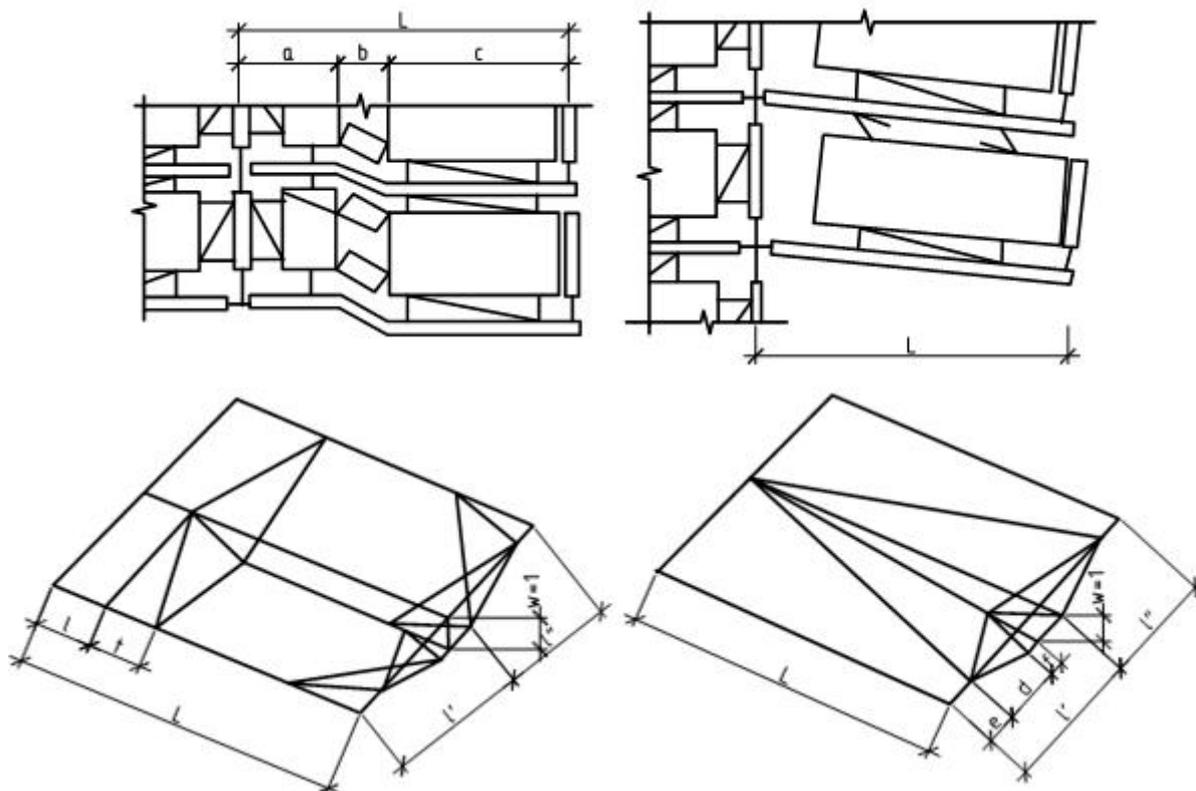


Рис. 7.2. Работа плит перекрытий в зданиях с железобетонными наружными стенами

Для того, чтобы учесть сопротивление наружных стен прогрессирующему обрушению и связанное с ними дополнительное сопротивление плит перекрытий, нужно вычислить работу соответствующих внутренних сил типового этажа и использовать ее при проверке условий равновесия.

Для того, чтобы учесть сопротивление наружной стены прогрессирующему обрушению, нужно вычислить работу внутренних сил при разрушении панелей наружных стен типового этажа ( $W_{w,ex}$ ). Поскольку при локальном разрушении внутренней стены прогрессирующему обрушению на каждом этаже сопротивляются две панели наружной стены (или одна двухмодульная), величина  $W_{w,ex}$  в общем случае рассматривается как сумма слагаемых

$$W_{w,ex} = W\phi_{w,ex} + W\phi\phi_{w,ex}. \quad (7.1)$$

Величина работы  $W\phi_{w,ex}$  ( $W\phi\phi_{w,ex}$ ) зависит от соотношения геометрических размеров панели и армирования ее перемычек и простенков, а также от наличия в ней проема для балконной двери. В общем случае любую наружную панель можно рассматривать как раму, разрушающуюся вследствие образования в ней четырех пластических шарниров (см. рис. 7.1, б, в).

В случае локального разрушения поперечной стены, примыкающей к углу здания, панель наружной стены может разрушиться по схеме поворота жесткого диска (см. рис. 7.1, а); при этом работа внутренних сил будет определяться прочностью сдвиговой связи этой панели с вышележащим перекрытием ( $V$ ) и растянутой связи с соседней фасадной панелью ( $S$ ).

Из двух возможных значений  $W_{w,ex}$  в дальнейших расчетах учитывается меньшее.

Для учета сопротивления наружной стены прогрессирующему обрушению прежде всего необходимо убедиться в том, что она «несет сама себя».

В тех случаях, когда стена не является самонесущей, весь дальнейший расчет проводится точно так же, как для зданий с продольными ненесущими стенами из легких небетонных материалов — с той лишь разницей, что во всех соотношениях работа  $U_{w,ex}$  заменяется величиной  $R_{w,ex}$ . Если же стена является самонесущей, то дальнейший расчет определяется конструктивным решением сопряжения плит перекрытий и наружной продольной стены.

При этом необходимо учитывать два варианта:

- первый вариант - плиты перекрытия не заведены в наружную стену;
- второй вариант - плита перекрытия заведена в наружную стену.

При рассмотрении этих вариантов необходимо учитывать третий тип механизма разрушения, см. раздел 4.

## 8. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

Основное средство защиты жилых зданий от прогрессирующего обрушения - обеспечение необходимой прочности несущих элементов, обеспечение необходимой несущей способности колонн, ригелей, диафрагм, дисков перекрытий и стыков конструкций.

Создание неразрезности перекрытий, повышение пластических свойств связей между колоннами и ригелями, между перекрытиями и конструкциями каркаса, вовлечение в работу пространственной системы ненесущих элементов.

Данное конструктивное решение можно обеспечить либо за счет объединения отдельных плит междуэтажных перекрытий в единый диск специальными металлическими связями, работающими в плоскости перекрытия на растяжение и сдвиг. При этом необходимо:

- заводить плиты перекрытий в несущие стены перпендикулярного направления, используя их как шпоночную связь сдвига (при платформенных стыках такая связь образуется естественным образом);
- устраивать междуэтажные связи, обеспечивающие работу горизонтальных стыков между перекрытиями и стенами на растяжение и сдвиг. Для устройства таких связей рекомендуется использовать подъемные петли, штыри и т. п. детали, например, как показано на рис. 8.1. Такие связи очень пластичны как при растяжении, так и при сдвиге, они обеспечивают совместную работу всех конструкций, расположенных выше локального разрушения; возможность устройства таких связей не зависит от особенностей плана здания.

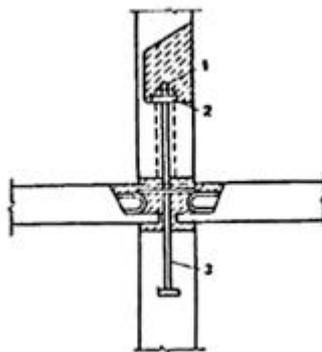


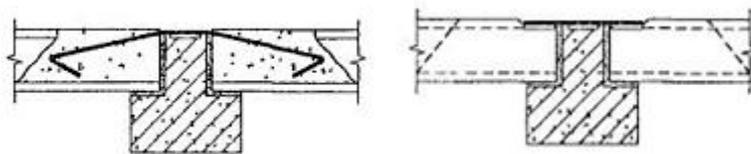
Рис. 8.1. Вариант конструктивного решения междуэтажной связи: 1 — гайка; 2 — шайба; 3 — подъемный штырь

Связи между сборными элементами, устанавливаемые по расчету на нормальные эксплуатационные или монтажные нагрузки или по конструктивным соображениям, следует проектировать с учетом возможности аварийных локальных разрушений. Для эффективного решения проблемы защиты зданий от прогрессирующего обрушения, с учетом всех задач проектирования при нормальных эксплуатационных и монтажных условиях, наиболее предпочтительна следующая система связей:

- горизонтальные продольные и поперечные связи между плитами перекрытий, обеспечивающие необходимую прочность дисков перекрытий при растяжении и сдвиге (рис. 8.2);

- горизонтальные связи между навесными наружными стенами и дисками перекрытий, обеспечивающие устойчивость и работу на ветровые и температурные воздействия навесных стеновых панелей.

а)



б)

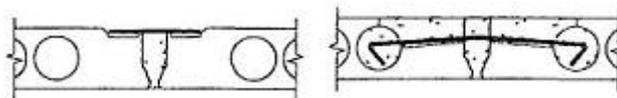


Рис. 8.2. Варианты соединения плит перекрытия:  
а - с ригелями, б - между собой.

Эффективная работа связей, препятствующих прогрессирующему обрушению, возможна лишь при обеспечении их пластичности в предельном состоянии необходимо, чтобы после исчерпания несущей способности связь не выключалась из работы и допускала без разрушения сравнительно большие абсолютные деформации (порядка нескольких миллиметров).

Для обеспечения пластичности соединений сборных элементов, они должны включать специальные пластичные элементы, выполненные из пластичной листовой или арматурной стали.

Растянутая линейная связь между сборными элементами, как правило, представляет цепочку последовательно соединенных элементов анкер закладной детали, закладная деталь, собственно связь, закладная деталь второго элемента и ее анкер. В силу случайной изменчивости сопротивлений отдельных элементов этой цепи и их соединений, предельное состояние всего стыка определяется слабым звеном. Соответственно, реальная пластичность всего соединения зависит от того, какой элемент окажется слабым:

- если произойдет выкалывание бетона, в котором анкеруется закладная деталь, то разрушение будет носить хрупкий характер с весьма незначительными абсолютными деформациями, предшествующими выключению связи из работы;

- если разрушится одно из сварных соединений, то, хотя при качественной сварке пластичность и проявится, в силу малой протяженности самого разрушаемого звена абсолютные деформации, предшествующие выключению связи из работы, будут сравнительно невелики;

- только в том случае, когда слабым звеном соединения окажется собственно металлическая связь все соединение проявит максимально возможные пластические свойства.

Соединения сборных элементов, препятствующие прогрессирующему обрушению каркасных зданий, должны проектироваться неравнопрочными, при этом элемент, предельное состояние которого обеспечивает наибольшие пластические деформации соединения, должен быть наименее прочным.

Для выполнения этого условия рекомендуется рассчитывать все элементы соединения, кроме наиболее пластичного, на усилие, в 1,5 раза превышающее несущую способность пластичного элемента, например, анкеровку закладных деталей и сварные соединения рекомендуется рассчитывать на усилие в 1,5 раза большее, чем несущая способность самой связи.

При этом несущую способность связи следует определять в соответствии со [СНиП II-23-81\\*](#) по формуле:

$$N = A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c \quad (8.1)$$

при  $\gamma_c = 1$ . Необходимо особо следить за фактически точным исполнением проектных решений пластичных элементов - замена их более прочными недопустима.

Эффективность сопротивления прогрессирующему обрушению здания требует пластичной работы в предельном состоянии не только связей, но и других конструктивных элементов. В частности, необходимо:

- несущие конструкции каркаса здания проектировать так, чтобы пластические шарниры образовывались в ригелях, а не в колоннах каркаса;

- надпроемные перемычки, работающие как связи сдвига, проектировать так, чтобы они разрушались от изгиба, а не от действия поперечной силы;

- шпоночные соединения проектировать так, чтобы прочность отдельных шпонок на срез была в 1,5 раза больше их прочности при смятии.

Сечения связей в дисках перекрытия (указанных выше типов) должны определяться расчетом на эксплуатационные, монтажные или рассматриваемые здесь аварийные воздействия, но не менее требуемых для обеспечения восприятия растягивающих усилий 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;

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.

При этом указанная арматура должна быть непрерывной и стыковаться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов на проектировании железобетонных конструкций.

Горизонтальные и связи бетонных или железобетонных навесных наружных панелей с несущими элементами здания должны воспринимать растягивающие усилия не менее 10кН (1 тс) на 1 м длины панели при высоте этажа 3,0 м и 12 кН на 1 м длины панели при высоте этажа 3,5 м.

Вертикальная междуэтажная арматура пилона (колонны, стены) должны воспринимать растягивающие усилия не менее 10 кН (1 тс) на каждый квадратный метр грузовой площади этого пилон (колонны, стены).

В каркасных зданиях следует отдавать предпочтение монолитным перекрытиям, особенно в зданиях, где имеются помещения с большими площадями (более 40 м<sup>2</sup>).

Для высотных зданий (количество этажей более 20) при удалении одного из несущих элементов приводит к значительному увеличению изгибающих моментов в перекрытиях над ним (так при 50 этажах - увеличение соответствует троекратному значению изгибающего момента по сравнению с 1 - 10 этажным каркасом). В этом случае эффективным является устройство связей систем на каждом 10-м этаже.

Конструктивно связевой этаж можно организовать, создав либо монолитные сплошные или проемные диафрагмы, либо посредством установки стальных крестовых или порталных связей.

Другим конструктивным способом повышения сопротивления или живучести высотных зданий прогрессирующему обрушению является создание конструктивной схемы для перекрытий, соответствующее «мембранному» покрытию. Это связано с тем, что преодоление железобетонной плитой или балкой предельного состояния по расчетной несущей способности не всегда соответствует физическому разрушению. Растянутая арматура достигает предела текучести. Но для мягкой стали предел текучести на 30% меньше временного сопротивления, и она продолжает воспринимать нагрузку. Сжатый бетон дробится на куски, и железобетонная конструкция прекращает существование. Наличие верхней арматуры по всей длине балки или по всей площади плиты перекрытия создает новую конструкцию - висячую систему.

Висячая конструкция - геометрически нелинейная. Под действием нагрузки висячая система имеет на порядок большие прогибы, чем железобетонная. В аварийной ситуации это приемлемо. Здесь при высоте этажа 3 м прогибы в 1 - 2 м позволят людям покинуть помещение без ущерба для здоровья.

Предпочтительно перегородки проектировать из листовых материалов по каркасу либо единичными сборными элементами - железобетонными или гипсолитовыми. Перегородки из штучных материалов объемной массой менее 500 кг/м<sup>3</sup> не рекомендуются.

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. Это относится в первую очередь к помещениям над нежилыми первыми этажами.

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

Для обеспечения сопротивления прогрессирующему разрушению для каркасных зданий во всех несущих каркасах должны быть предусмотрены: связи по наружным колоннам и стенам, контурные связи, внутренние связи и вертикальные связи.

Арматура связей и рабочая арматура должны не дополнять, а заменять друг друга. Это означает, что площадь арматуры связей входит в состав площади расчетной арматуры. Отличие заключается в том, что стержни связевой арматуры должны стыковаться так, чтобы они образовывали непрерывную арматурную цепь между крайними зонами анкеровки - зоны контурной связевой арматуры.

При отсутствии расчетной арматуры в зоне расположения арматуры связей, она ставится дополнительно.

Необходимая площадь сечения связей определяется расчетом, минимальное сечение - требованиями норм.

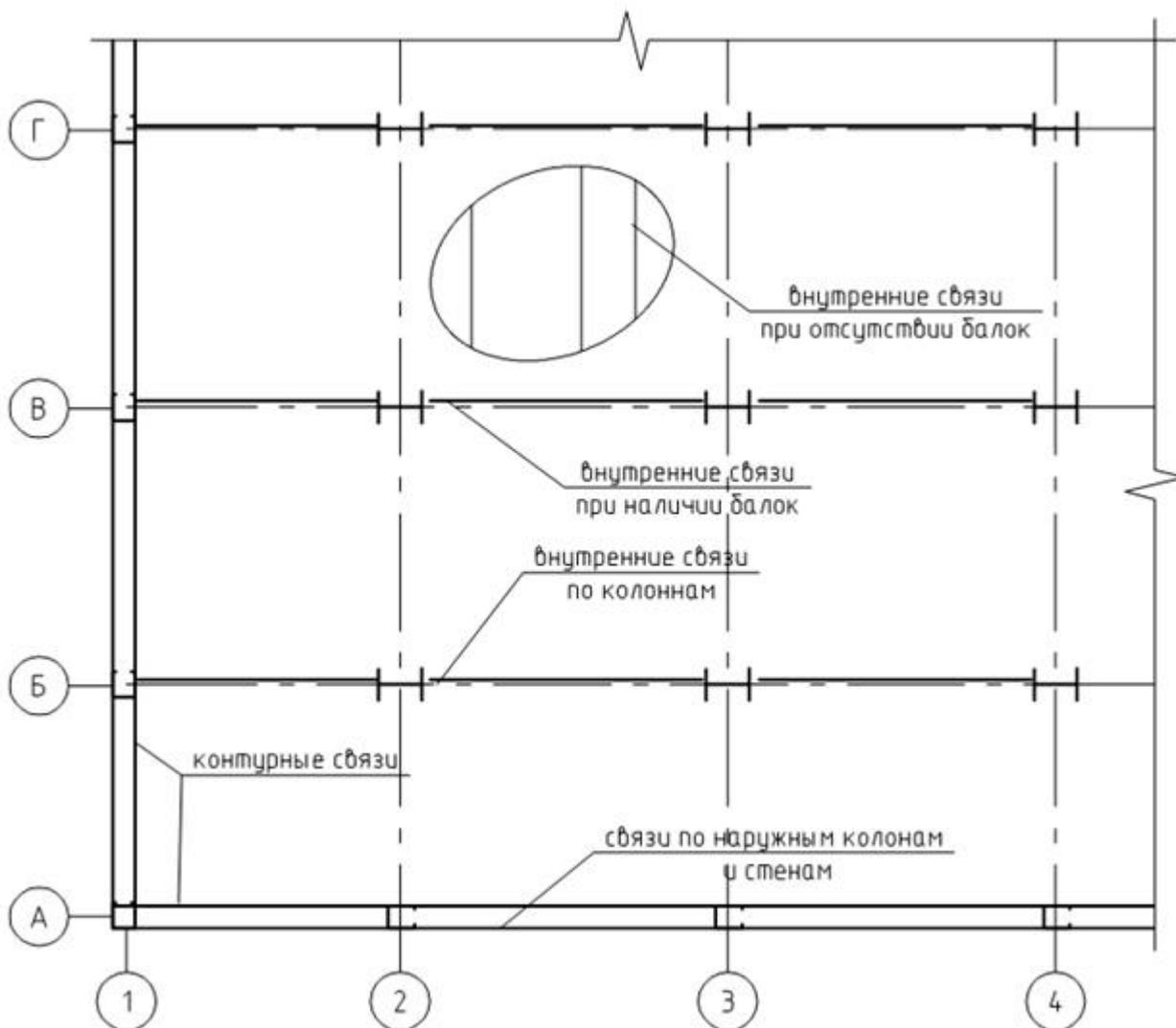


Рис. 8.3. Схема размещения связей для каркасных зданий

## 9. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ

Безопасность большепролетных сооружений от лавинообразного (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:

- назначение необходимых запасов несущей способности основных («ключевых») элементов конструкций, в первую очередь, обеспечивающих общую устойчивость сооружения;

- проведение анализа работы конструкции с целью выявления «ключевых» элементов (расположенных в местах вероятных аварийных воздействий), выход из строя которых может повлечь за собой лавинообразное обрушение всей конструкции;

- для указанных элементов и узлов ввести дополнительные коэффициенты условий работы  $\gamma_s$ , определяемые в «Специальных технических условиях» на проектирование конкретного большепролетного сооружения;

- величину коэффициентов  $\gamma_s$  регламентировать в зависимости от расчетного срока эксплуатации и пролета сооружения, степени ответственности «ключевых элементов»;

- в «Специальные технические условия» включать требование обязательного выполнения независимой экспертизы законченной документации на стадии «проект», а в ряде случаев (по требованию заказчика) - независимой экспертизы законченной «рабочей документации» перед сдачей ее в производство, в т.ч. выполнение поверочных расчетов с целью повышения качества проекта, исключения возможных ошибок.

- экспертиза должна выполняться специалистами, имеющими практический опыт проектирования сооружений подобного рода.

В целях исключения или предупреждения опасности аварийных воздействий, которым может подвергаться конструкция или объект рекомендуется:

- применять превентивные меры безопасности, которые исключают, предупреждают или снижают до минимума влияние аварийных воздействий, которым может подвергаться конструкция или объект;

- запретить хранение взрывчатых материалов в сооружении или для их хранения следует предусматривать специально оборудованные помещения, с постоянным контролем выполнения правил их эксплуатации;

- для воспрепятствования приближения транспортных средств к сооружению, в том числе с целью террористического нападения перед сооружением через определенные интервалы устанавливать прочные ограждения: массивные тумбы, надолбы, подпорные стенки, заграждения из тросов или системы искусственных защитных барьеров типа стен, заборов, уступов, траншей, водоемов, посадок деревьев и т.п.

- на расстоянии не менее чем на 50 м расстояния между защищенным периметром и фасадами сооружения создавать защитные зоны, недоступные для террористической угрозы;

- площадку подъезда рекомендуется располагать ниже пола первого этажа здания, при этом минимальные размеры зон, обеспечивающие требуемый уровень защиты против террористических нападений, устанавливаются специальными стандартами для различных типов сооружений или разделами проекта конкретного сооружения;

- предусматривать и выполнять комплекс антитеррористических организационных мероприятий по защите сооружения по периметру.

- разрабатывать и детализировать превентивные защитные меры безопасности;

- разрабатывать план мероприятий (объемно-планировочные, конструктивные, инженерные, организационные), обеспечивающий своевременную, беспрепятственную и безопасную эвакуацию людей при возникновении аварийных воздействий.

Выбор рациональных конструктивных решений и материалов, обеспечивающих несущую способность сооружения даже при наличии локальных (в пределах одного конструктивного элемента) повреждений необходимо решать следующими методами:

- конструктивные решения должны обеспечивать несущую способность сооружения даже при локальных повреждениях и предотвращать лавинообразное обрушение системы вследствие разрушения второстепенных элементов конструкции, узлов и деталей (связи, элементы, обеспечивающие устойчивость «ключевых» конструкций, и т.п.);

- устойчивость здания против лавинообразного обрушения следует обеспечивать за счет использования материалов, которые способствуют развитию в конструктивных элементах и их соединениях пластических деформаций, а также рациональным решением системы связей и элементов соединений;

- специальное внимание следует уделять 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  $\gamma_{c,don} = 0,85$ ;

- стыки элементов следует располагать вне зоны максимальных усилий;

- для стальных «ключевых» элементов рекомендуется использовать конструктивно-технологические решения, не вызывающие значительную концентрацию напряжений, уменьшающие растягивающие напряжения в направлении толщины проката;

- материал «ключевых» элементов конструкций в зонах, воспринимающих растягивающие напряжения по толщине листа, до сварки следует подвергать сплошному ультразвуковому дефектоскопическому контролю;

- конструктивные и технологические решения должны уменьшать влияние остаточных сварочных деформаций и напряжений;

- стальные периметральные колонны (стойки) из труб и стальные наружные опорные контуры коробчатого сечения должны быть заполнены бетоном класса по прочности на сжатие не ниже C8/10.

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

- ограничить применение предварительно напряженного и сборного железобетона при проектировании и изготовлении элементов, узлов и деталей;

- для железобетонных конструкций следует учитывать их постпредельное состояние, работу конструкций при сверхбольших деформациях и прогибах, а также со значительным раскрытием ширины трещин;

- необходима разработка «Технических условий на изготовление и монтаж конструкций», содержащих дополнительные требования и основные положения показателей качества применяемых материалов, изготовления и монтажа конструкций, методы их контроля и приемки, не входящие в действующие нормативно-технические документы или регламентирующие более высокие требования;

- при необходимости используют специальные технические решения, определяющие огнестойкость и сейсмическую устойчивость сооружений, воспринимающие воздействие промышленных взрывов, противостоящие отказам фундаментов при возникновении карстовых воронок или провалов в основаниях сооружений;

- рекомендуется применять взрывоустойчивые конструкции и материалы и соответствующие огнезащитные покрытия;

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

- рекомендуется 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. - следует повышать степень их статической неопределимости за счет включения в систему дополнительных связей, обеспечивающих пространственную работу большепролетного покрытия.

Для большепролетных зданий, в качестве возможных причин локального разрушения необходимо учитывать возможное разрушение ключевых элементов конструкции, приведенных в таблице 2.

При этом в расчетах необходимо учитывать дополнительные коэффициенты условий работы  $\gamma_{c,доп}$ , которые зависят от расчетного срока эксплуатации здания  $T_{эф}$  (табл.2).

Таблица 2

№ п/п	Ключевые элементы конструкции	Пролет, м	Дополнительные коэффициенты условий работы $\gamma_{c,доп}$ 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 50	1,0	0,95	0,9
		От 50 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 50	1,0	0,95	0,9
		От 50 до 100	0,95	0,9	0,85
		Свыше 100	0,9	0,85	0,8
3	Основные колонны по периметру сооружения	До 50	1,0	0,95	0,9
		От 50 до 100	0,95	0,9	0,85
		Свыше 100	0,9	0,85	0,8
4	Основные несущие элементы пролетной конструкции	До 50	1,0	0,95	0,9
		От 50 до 100	0,95	0,9	0,85
		Свыше 100	0,9	0,85	0,8

Примечания:

1. Дополнительный коэффициент условия работы  $\gamma_{c,доп}$  уменьшает допускаемое расчетное сопротивление материала.

2. Приведенные в таблице дополнительные коэффициенты условия работы  $\gamma_{c,доп}$  следует учитывать одновременно с коэффициентом надежности по назначению  $\gamma_n$  и коэффициентами условия работы элементов и соединений в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Необходимо проектировать «ключевые» элементы с учетом возможности восприятия аварийных воздействий в дополнение к стандартным проектным нагрузкам и воздействиям, учитывая следующие рекомендации:

- прочность и устойчивость сооружения против лавинообразного обрушения проверяется расчетом конструкций на особое сочетание нагрузок и воздействий, включающих постоянные и временные длительные нагрузки, а также одно из аварийных воздействий, соответствующих определенной чрезвычайной ситуации, в этих расчетах не следует учитывать коэффициент надежности по ответственности сооружения;

- сосредоточенные или распределенные нагрузки на основные («ключевые») элементы, их величина, направление и места приложения должны быть определены «Специальными техническими условиями» на проектирование конкретного большепролетного сооружения по рекомендациям специализированных организаций, при этом минимальные величины расчетных аварийных нагрузок и воздействий должны приниматься:

§ 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 м<sup>2</sup> поверхности рассматриваемого элемента.

- необходимо учитывать возможность образования карстовой воронки диаметром 6 м, расположенной в любом месте под фундаментами сооружения (для карстоопасных районов), что может привести к неравномерным осадкам основания;

- все основные несущие конструкции (стойки, установленные по периметру здания, радиальные стержневые элементы куполов и оболочек и т.п.) должны быть способны к восприятию особых сочетаний нагрузок и воздействий, при исключении из работы одного из примыкающих второстепенных элементов (кольцевых распорок, прогонов, связей и т.п.), повреждении ограждающих конструкций, обеспечивающих устойчивость основных несущих конструкций на участке общей площадью до 40 м<sup>2</sup>, в этом случае расчетная длина основных несущих конструкций удваивается;

- в расчетах на локальные аварийные воздействия на отдельные элементы следует использовать пространственную расчетную модель, такая модель может учитывать элементы, которые при нормальных эксплуатационных условиях не являются несущими, а при наличии локальных воздействий участвуют в перераспределении нагрузок; при этом расчетная схема сооружения должна учитывать возможность изменения характера работы системы в целом и отдельных элементов (последовательное исключение конструктивных элементов, изменение знака усилий, перераспределение нагрузок, изменение прочностных и жесткостных характеристик материала и т.п.);

- возможны три варианта расчетов: линейный статический, нелинейный статический и нелинейный динамический, выбор варианта расчета должен определяться «Специальными техническими условиями» на проектирование конкретного большепролетного сооружения;

- расчеты рекомендуется выполнять на статические нагрузки и воздействия, при необходимости, с учетом геометрической и физической нелинейности, использования для железобетонных конструкций метода теории предельного равновесия;

- усилия от аварийных воздействий на узловое элементы и соединения рекомендуется увеличивать на 15 %;

- расчетные прочностные и деформационные характеристики материалов следует принимать равными их нормативным значениям, согласно действующим нормам проектирования;

- при расчете конструкции на ненормируемые (запроектные) аварийные воздействия характеристики сопротивления материалов допускается повышать за счет использования дополнительных коэффициентов надежности и коэффициентов условий работы, учитывающих малую вероятность аварийных воздействий, использования работы металлических конструкций и арматуры за пределом текучести материала, а также интенсивный рост прочности бетона в начальный период после возведения сооружения;

- суммарно коэффициенты надежности и коэффициентов условий работы рекомендуется принимать равными 1,15 как для стальных, так и для железобетонных конструкций;

- при расчете конструкций с учетом развития пластических деформаций необходимо расчетом подтвердить неизменяемость системы, при этих расчетах необходимо учитывать все нагрузочные факторы и их воздействие на жесткостные характеристики элементов с учетом пластичности;

- прочность и устойчивость сооружения (за исключением уникальных, отказы которых могут привести к тяжелым экономическим, социальным и экологическим последствиям) в случае локального аварийного воздействия на отдельные элементы должны быть обеспечены как минимум на время, необходимое для эвакуации людей. Перемещения конструкций и раскрытие в них трещин в рассматриваемых чрезвычайных ситуациях не ограничиваются.

Необходимо выполнять мониторинг состояния несущих конструкций и организацию надлежащей эксплуатации сооружения.

Для обеспечения безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного обрушения необходимо проведение инструментального мониторинга, отслеживающего техническое состояние элементов и конструкций в целом, их деформаций во времени и при различных нагрузках, при их возведении и после сдачи в эксплуатацию.

Требования по обеспечению безопасности конкретного большепролетного сооружения от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения конструкций при аварийных воздействиях, предусмотренные настоящими Рекомендациями, должны быть обязательно отражены в «Специальных технических условиях», согласованных с авторами проекта, организацией, проводящей экспертизу проектной документации, и утверждены заказчиком.

**Приложение А [1]  
(справочное)**

## **ОРИЕНТИРОВОЧНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ОБЪЕКТОВ ПО КЛАССАМ ПОСЛЕДСТВИЙ (ОТВЕТСТВЕННОСТИ)**

Приведенные ниже ориентировочные перечни только иллюстрируют требования таблицы 1. Термины такого типа как «крупные вокзалы, аэровокзалы и вертолетные станции», «крупные больницы» и тому подобное, а также назначение строительному объекту класса ответственности определяются точно в нормах проектирования этих объектов согласно требованиям таблицы 1.

К зданиям и сооружениям класса ССЗ, как правило, следует относить:

- объекты нефте- и газостроительной, газоперерабатывающей, металлургической, химической и других отраслей промышленности, оборудованные пожаро- и взрывоопасными емкостями и хранилищами жидкого топлива, газа и газопродуктов, особенно при хранении их под давлением (технологические трубопроводы, аппараты, котлы, газгольдеры, изотермические резервуары емкостью свыше 10 тыс. кубометров, резервуары

для хранения нефти и нефтепродуктов емкостью 30 тыс. кубометров и более, сосуды высокого давления и тому подобное);

- объекты химической, нефтехимической, биотехнологической, оборонной и других отраслей, связанных с применением, переработкой, изготовлением и хранением химически токсичных, взрыво- и пожароопасных веществ и промышленных взрывных материалов, биологически опасных веществ и тому подобное;

- объекты угольной и горнорудной промышленности, опасные в плане возникновения пожара, взрыва и газа согласно классификации Госнадзорохрантруда;

- здания главных вентиляционных систем на шахтах и рудниках;

- объекты атомной энергетики (АЭС, АЭТС, АСТ), включая хранилища и заводы по переработке ядерного топлива и радиоактивных отходов, а также другие радиационно опасные объекты по классификации Госатомнадзора;

- объекты гидро- и теплоэнергетики (ГЭС, ГРЭС, ТЭС, ТЭЦ, ГАЭС) мощностью свыше 1,0 млн. кВт;

- мосты и туннели на дорогах высшей категории, или протяженностью свыше 1000 м или прогоном свыше 300 м;

- стационарные сооружения знаков навигационной обстановки;

- шлюзы и основные портовые сооружения на водных путях 1-го и 2-го классов ДСТУ Б В.2.3.-1;

- здания и сооружения крупных железнодорожных вокзалов и аэровокзалов;

- магистральные трубопроводы диаметром свыше 1000 мм, или с рабочим давлением свыше 2,5 МПа, а также участки магистральных трубопроводов меньшего диаметра и с меньшим рабочим давлением в местах переходов через водные преграды, железнодорожные и автомобильные пути;

- гидротехнические сооружения мелиоративных систем с площадью орошения и осушения свыше 300 тыс. га и водоемов объемом свыше 1 кубического километра;

- крупные элеваторы и зернохранилища, мукомольные комбинаты;

- жилые, общественные или многофункциональные здания высотой свыше 100 м;

- здания основных музеев, государственных архивов, хранилищ национальных исторических и культурных ценностей;

- зрелищные объекты с массовым пребыванием людей (стадионы, театры, кинозалы, цирки, выставочные помещения и тому подобное);

- здания университетов, институтов, школ, дошкольных заведений и тому подобное;

- большие больницы и другие заведения охраны здоровья;

- универсамы и другие большие торговые предприятия;

- объекты жизнеобеспечения больших районов городской застройки и промышленных территорий;

- большие объекты защитно-предохранительного характера (противоселевые, противооползневые, противолавинные сооружения, защитные дамбы и тому подобное).

К зданиям и сооружениям класса СС2, как правило, следует относить, те, что не принадлежат к классу СС3:

- основные объекты металлургической промышленности, тяжелого машиностроения, нефтехимии, судостроения, оборонной промышленности (доменные и мартеновские цеха, складские корпуса, высокие дымовые трубы и тому подобное);

- копры, машинные отделения добывающих машин;

- объекты гидро- и теплоэнергетики мощностью менее 1,0 млн. кВт, распределительные системы основных электросетей высокого напряжения (включая опоры линий электропередачи и открытых распределительных устройств);

- емкости для нефти и нефтепродуктов;

- дорожные полотна магистральных автодорог, взлетно-посадочные полосы, мосты и туннели протяженностью менее 1000 м, канатные дороги, вокзалы, аэровокзалы, вертолетные станции;

- магистральные трубопроводы;

- большие гостиницы, общежития;

- объекты водопровода и канализации (включая водонапорные башни, очистные сооружения, водозаборы) промышленных предприятий и населенных пунктов;

- здания зрелищных и спортивных предприятий, предприятий торговли, общественного питания, службы быта, учреждения охраны здоровья;

- здания и сооружения центральных складов для обеспечения жизненных потребностей населения, склады особо ценного оборудования и материалов, военные склады;

- жилые, общественные или многофункциональные здания высотой до 100 м.

К зданиям и сооружениям класса СС1, как правило, следует относить:

- все объекты промышленности, энергетики, транспорта и связи, сельского хозяйства и переработки сельхозпродукции, не отнесенные к классам СС3 и СС2;

- общественные здания, объекты физкультуры и спорта, не отнесенные к классам СС3 и СС2, а также все временные объекты, мобильные здания;

- объекты внутрипроизводственных дорог, коммуникаций и продуктопроводов;

- парники, теплицы;

- опоры распределительной сети низкого напряжения, осветительные опоры.

*Примечание.* В нормах проектирования конкретных объектов их классификационные параметры могут уточняться.

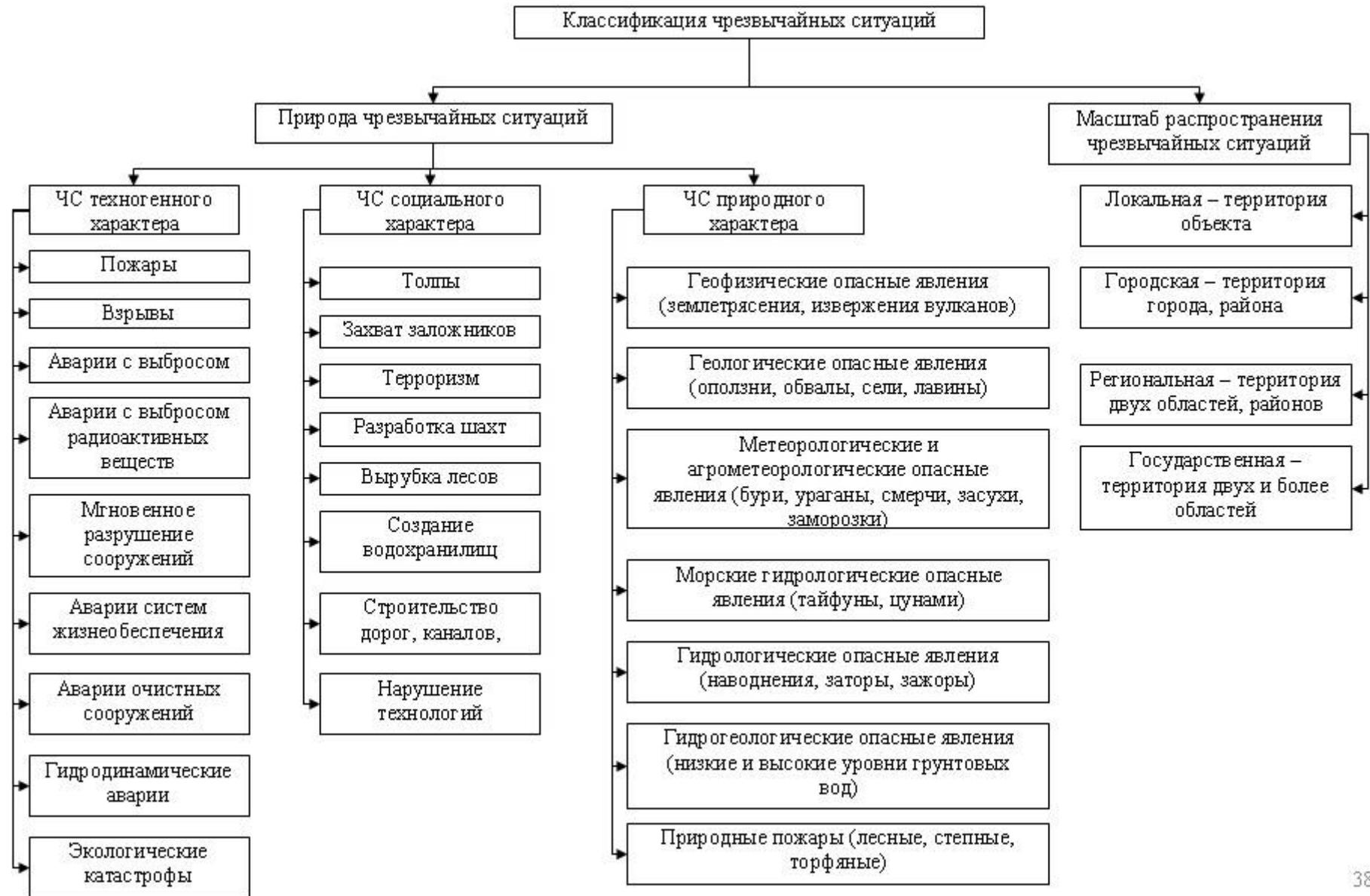
### Классификация чрезвычайных ситуаций

**Чрезвычайными ситуациями** принято называть обстоятельства, возникающие в результате стихийных бедствий (природные), аварий и катастроф в промышленности и на транспорте (техногенные), экологических катастроф, диверсий или факторов военного, социального и политического характера, которые заключаются в резком отклонении от нормы протекающих явлений и процессов и оказывают значительное воздействие на жизнедеятельность людей, экономику, социальную сферу или природную среду.

**Чрезвычайная ситуация (ЧС)** - это нарушение нормальных условий жизнедеятельности людей на определенной территории, вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, а также массовым инфекционным заболеванием, которое может приводить к людским или материальным потерям.

Чрезвычайные ситуации классифицируют:

1. По сфере возникновения:
  - техногенные;
  - природные;
  - экологические;
  - социально-политические.
2. По масштабу возможных последствий:
  - локальные;
  - объектные;
  - региональные;
  - глобальные.
3. По ведомственной принадлежности:
  - на транспорте;
  - в строительстве;
  - в промышленности;
  - в сельском хозяйстве.
4. По характеру лежащих в основе событий:
  - пожар;
  - авария;
  - землетрясение;
  - погодные условия.



С целью обеспечить соблюдение безопасности на производственных предприятиях особое внимание уделяется следованию правилам и нормам техники безопасности. В большинстве государств утверждены определенные нормативные документы: законы, постановления, нормативы. Они определяют правила и действия, направленные на недопущение аварийной обстановки.

В настоящее время особое внимание в развитых странах уделяется повышению образования работников, связанных с опасными производственными предприятиями. Это в особой степени относится к администрации предприятий группы риска, работникам, отвечающим за безопасность, а также служащим страховых компаний и оценочных служб.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. СНиП Республики Казахстан А.1.1-1-94 Система государственных нормативов в сфере архитектурно-градостроительной деятельности.
2. Рекомендации по предотвращению прогрессирующих обрушений крупнопанельных зданий. М., 1999.
3. **Закон** Республики Казахстан «О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» от 5 июля 1996 г. № 19, с изменениями на 19.03.2010 г.
4. **Бюджетный кодекс** Республики Казахстан от 24 апреля 2004 года № 548..
5. **Постановление** Правительства Республики Казахстан от 13 декабря 2004 года № 1310 «Об утверждении классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
6. **Закон** Республики Казахстан от 2 июля 1992 года № 15 «Об охране и использовании историко-культурного наследия», с изменениями на 19.03.2010 года № 1488-ХІІ.
7. **Закон** Республики Казахстан от 16 июля 2001 года № 242-ІІ «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан».
8. Рекомендации по защите жилых зданий с несущими кирпичными стенами при чрезвычайных ситуациях. М., 2002.
9. Рекомендации по защите жилых каркасных зданий при чрезвычайных ситуациях. М., 2002.
10. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. М., 2005.
11. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. М., 2006.
12. МДС 20-2.2008. Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного обрушения. / ФГУП «НИИЦ «Строительство». — М.: ОАО «ЦПП», 2008. — 16 с.
13. СН РК 2.03-01-2009 «проектирование железобетонных зданий повышенной этажности в сейсмических районах»
14. **Пособие** по проектированию жилых зданий Вып.3.Часть 1, 2. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85). Утверждено приказом ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры от 31 июля 1986 г. № 459.
15. Железобетонные каркасы без прогрессирующего обрушения. Доктор техн. наук профессор Алмазов В. О. [Электронный ресурс: forum.dwg.ru/attachment.php?attachmentid=1024&d=1195750172].
16. **Закон** Республики Казахстан от 3 апреля 2002 года № 314 «О промышленной безопасности на опасных производственных объектах».
17. **Закон** Республики Казахстан от 18 февраля 2011 года № 407-ІVЗРК «О науке», взамен от 9 июля 2001 года.
18. **Приказ** Председателя Агентства Республики Казахстан по чрезвычайным ситуациям от 13 июня 2001 года «Об утверждении Правил разработки Декларации безопасности промышленного объекта и «Правил проведения экспертизы Декларации безопасности промышленного объекта».