

*Скворцова Елена Олеговна,  
студентка гр. 17Стр (мп) ТПОТУРС,  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург, Россия*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ**

В последние годы в России уделяется большое значение вопросам безопасности и надежности проектируемых зданий и сооружений, решение которых сводится к предотвращению возникновения начального локального разрушения, приводящего конструкцию к полному разрушению или большей её части.

Под прогрессирующим обрушением понимается «последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие локального повреждения» [1].

В практике строительного проектирования отсутствует официально утвержденный единый алгоритм по проектированию зданий и сооружений, защищённых от прогрессирующего обрушения. Нет единой методики расчёта в программных комплексах. Разработчики ПК SCAD и ЛИРА предлагают свои методики расчёта, однако достоверность полученных результатов пока не подтверждена опытом и требует проведения исследований в этом направлении.

В настоящий момент разработан [2], принятый к публичному обсуждению Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 11 сентября 2017 года. Рассматриваемый Проект СП разработан с учетом обязательных требований, установленных в [9; 10], и содержит основные положения, общие требования к расчёту и проектированию защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения при аварийной расчетной ситуации. В основу данного документа

положены рекомендации [3-9] рассмотрены требования к составу и методам расчёта живучести зданий, приведены рекомендации по учету временного фактора сохранения устойчивости здания до полного (частичного) разрушения, перечислены основные конструктивные мероприятия по защите сооружений различных конструктивных систем от прогрессирующего обрушения. В том числе приводятся дополнительные конструктивные мероприятия, по предотвращению прогрессирующего обрушения для зданий различных конструктивных систем. Приведены алгоритм расчета на устойчивость против прогрессирующего обрушения кинематическим методом теории предельного равновесия, алгоритм расчета на устойчивость против прогрессирующего обрушения в квазистатической и динамической постановке с предоставлением рекомендуемых расчетных схем. Таким образом, представленные в [2] расчетные и конструктивные требования и мероприятия необходимо применять в практической деятельности с целью повышения безопасности и надежности проектируемых зданий и сооружений.

Здания и сооружения в зависимости от категории ответственности должны быть защищены от прогрессирующего обрушения, при локальном разрушении. Для этого необходимо обеспечить несущую способность как конструктивной системы сооружения в целом, так и примыкающих к локальному разрушению конструктивных элементов.

Основными конструктивными мероприятиями по защите сооружений от прогрессирующего обрушения являются:

- обеспечение необходимой несущей способности конструктивных элементов и соединений между ними при аварийном воздействии, приводящем к локальному разрушению;
- обеспечение развития пластических деформаций в соединениях конструктивных элементов;
- обеспечение в шпоночных соединениях прочности отдельных шпонок на срез в 1,5 раза выше их прочности на смятие;

- обеспечение в болтовых соединениях прочности отдельных болтов на срез в 1,1 раза выше их прочности на смятие;
- обеспечение пластичной работы сварных соединений в предельном состоянии в соответствии с СП 16.13330;
- обеспечение достаточности длины анкеровки арматуры при ее работе как связи сдвига и растяжения;
- обеспечение в сечениях надпроёмных перемычек, балок, ригелей, плит, в предельном состоянии разрушения по изгибу, а не по срезу.

Необходимо учитывать дополнительные конструктивные мероприятия по предотвращению прогрессирующего обрушения для зданий различных конструктивных систем.

Эффективная работа связей возможна 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).

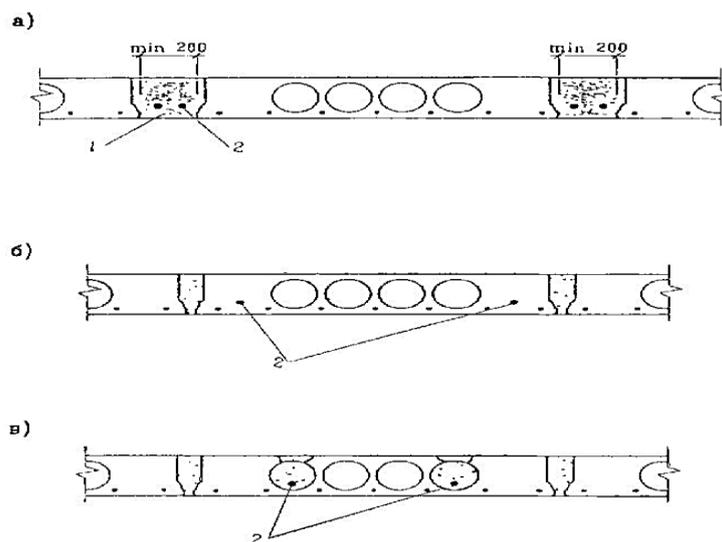


Рисунок 1 – Варианты укладки дополнительной арматуры с увеличенным защитным слоем:

а) в монолитных участках, б) в плитах перекрытия, в) в замоноличенных пустотах плит перекрытия,

1 – бетон, 2 – арматура

Соединения сборных элементов должны включать специальные пластичные элементы, выполненные из пластичной листовой или арматурной стали.

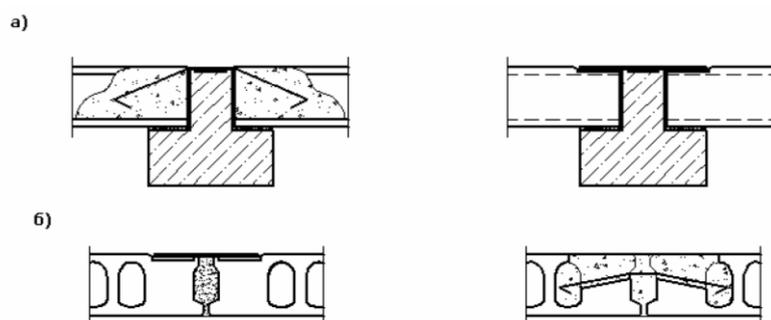


Рисунок 2 – Варианты соединения плит перекрытия:

а) с ригелями, б) между собой

Ярким примером основного принципа предотвращения прогрессирующего разрушения: повышением неразрезности конструктивной системы здания посредством совершенствования связей между конструктивными элементами может послужить система, задействованная при строительстве сверхвысокого здания (высота составляет 632 метра) в районе Пудун города Шанхай в Китае – Шанхайской башни, называемая демпфером и способствующая уменьшению амплитуды колебаний от ветра, а также снижению скорости «верхушки» здания, набираемой при этих колебаниях.



Рисунок 3 – Применение маятника-демпфера, Шанхайская башня

Защиту сооружений от прогрессирующего обрушения следует обеспечивать наиболее экономичными средствами:

- при разработке архитектурно-планировочных решений следует учитывать возможность возникновения локального разрушения в результате аварийного воздействия;

- в многоэтажных зданиях применение конструктивных мер, повышающих степень статической неопределимости конструкции;

- применение материалов и конструктивных решений, обеспечивающих развитие в конструктивных элементах и их соединениях пластических деформаций;

- при разработке защиты от прогрессирующего обрушения допускается предусматривать включение в работу элементов, которые при условиях нормальной эксплуатации являются ненесущими, а при возникновении локального разрушения включаются в работу и участвуют в восприятии нагрузок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 16 с.
2. Проект СП Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456078343>
3. Рекомендации по предотвращению прогрессирующих обрушений крупнопанельных зданий. – М., 1999.
4. Рекомендации по защите жилых зданий с несущими кирпичными стенами при чрезвычайных ситуациях. – М.: Москомархитектура, 2002.
5. Рекомендации по защите жилых каркасных зданий при чрезвычайных ситуациях. – М.: Москомархитектура, 2002.
6. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. – М.: Москомархитектура, 2005.
7. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. – М., 2006.

8. *Рекомендации по защите жилых панельных зданий при чрезвычайных ситуациях / Москомархитектура. – М.: МНИИТЭП и НИЦ СтаДиО, 1999.*
9. *Федеральный Закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» №384-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902192610>*
10. *Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901836556>*