

УДК 69

## ***УСТРАНЕНИЕ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО КОЛЛАПСА ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ***

***Иванова Е.А.***

*Студентка кафедры ЖБК*

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-  
строительный университет»*

*Россия, г. Санкт-Петербург*

### **Аннотация**

В данной статье рассматривается проблема безопасности и сопротивления высотных уникальных зданий с прогрессирующим обрушением. Автор исследует особенности расчетов и верификации конструкций для прогрессивных разрушений. Показаны пути решения проблем структурных схем по устойчивости зданий и сооружений к прогрессивному коллапсу. Рассмотрены примеры из практики строительства высотных зданий на территории Российской Федерации.

**Ключевые слова:** Безопасность высотных зданий, высотное строительство, прогрессирующее обрушение, строительство, устойчивость зданий, эвакуация людей.

## ***ELIMINATION OF THE PROGRESSIVE COLLAPSE OF HIGH-RISE BUILDING***

***Ivanova E.A.***

*Student Department ZhBK*

*FSBEI of HE "St. Petersburg State University of Architecture and Civil  
Engineering"*

*Russia, St. Petersburg*

**Annotation**

This article deals with the problem of safety and resistance of high-rise unique buildings with progressive collapse. The author explores the features of calculations and verification of structures for progressive damage. The ways of solving problems of structural schemes on the stability of buildings and structures to progressive collapse are shown. The examples from the practice of construction of high-rise buildings on the territory of the Russian Federation are considered.

**Keywords:** Safety of high-rise buildings, high-rise construction, progressive collapse, construction, stability of buildings, evacuation of people.

В настоящее время все больше увеличивается объем строительства высотных уникальных зданий в России и за рубежом. Это связано с нехваткой земли, с хорошей городской перспективой, ростом цен, а также намерение сосредоточить административные здания в определенных финансовых центрах.

Также влияет стремление крупных организаций и государства показать свой уровень научно-технического прогресса, силу и мощь экономики. В России, в последнее время началось активное строительство высотных зданий, а мировые небоскребы строятся уже более ста лет. Большой опыт возведения «сталинских небоскребов» по отдельным проектам, которые не нашли отражения в нормативных изменениях, в значительной степени потеряны и забыты. В настоящее время серьезной проблемой в уникальной застройке высотного строительства является отсутствие всесторонних общероссийских правовых требований, регулирующих высотное строительство. Этот факт определенно сдерживает строительство высотных зданий по всей России. В России проведены исследования в области прогрессирующего обрушения зданий с 1970 г. Основными научными центрами являются: МНИИТЭП, НИЖБ имени А.А. Гвоздева, Центральный

научно-исследовательский институт жилищного строительства им. В.А. Кучеренко, Институт строительных конструкций, МГТУ и другие.

Исследования по прогрессивному разрушению нашли отражение в работах Алмазова В.О., Еремеева П.Г., Еремина А.Г., Расторгуева Б.С., Мрктычева О.В., Ройтман В.М., Перельмутер А.В. и других авторов.

Значительный вклад в развитие исследований по устранению прогрессивного разрушения было сделано В.О. Алмазовым, который дал рекомендации по расчету. Им предложены варианты укрепления зданий, исследована динамика прогрессирующего коллапса, предложена методика определения динамического коэффициента, которая, зависит от высоты здания. [1,2,3]

Обеспечение безопасности зданий и людей стало очень важной темой высотного строительства. Чрезвычайные ситуации на различных объектах создают большие экономические потери и сопровождаются человеческими жертвами. Это происходит в России и в других странах мира. Чаще всего причинами таких аварий и разрушений являются:

- ошибки и недостатки проектных решений;
- низкое качество строительно-монтажных работ, технологические сбои в работе изготовления конструкций;
- использование некачественных строительных материалов;
- несоблюдение требований по транспортировке и хранению в здании продуктов и материалов;
- нарушение правил эксплуатации;
- несовершенство нормативной базы проектирования;
- местное аварийное реагирование.

Ошибки проектировщиков могут привести к обрушению зданий:

- неправильный учет силовых воздействий и нагрузок; ошибки в расчете пространственной жесткости зданий в период монтажа и во время эксплуатации; внесение любых изменений в проект здания в процессе строительства; некачественная работа проектирования узлов, поддерживающих структуру соединения и сопряжения. В строительной практике аварийное разрушение может произойти из-за некачественных инженерно-геологических изысканий, которые приводят к ключевым проектным решениям для зданий. Иногда конструкции могут быть повреждены в результате перегрузки несущих элементов, размещение неучтенного оборудования в здании, возникновение вибраций и больших динамических нагрузок при строительстве и эксплуатации. Особое внимание следует уделить проверке структурных расчетов для прогрессирующего разрушения. Обязательным начальным условием является четкое понимание выполнения конструкций. Как ни парадоксально, чрезмерный интерес к автоматизированным решениям иногда приводит к ошибкам в проектах:

- в сложных высотных сооружениях физическая и геометрическая нелинейность не берется в учетную запись;

- в железобетонных конструкциях увеличение прогибов, вытекающих из долгосрочного периода ползучести бетона и появления трещин в случае вибрационной нагрузки

Довольно часто расчеты не выявляют динамических характеристик, хотя могут определить недостатки принятых проектных решений. В 1968 году, в Лондоне, авария в здании жилого дома показала обвал как лавинный процесс. Это привело к тому, что в Великобритании в строительном кодексе произошли изменения, учитывающие воздействия непропорционально местного обрушения. В США такие рекомендации были сделаны в 1973 году. С 1993 года ситуация обострилась из-за террористических актов: в этом году произошел взрыв здания Международного торгового центра. Также был

террористический акт в Соединенных Штатах 11 сентября 2001 года в Нью-Йорке, что вызвало обрушение башен Всемирного торгового центра. После этих событий, американские и европейские строительные нормы и правила включили требования по предотвращению прогрессирующего разрушения зданий и сооружений. Нормы охватывают защиту здания от обрушения; требуют рассмотрения возможной террористической угрозы и разработки архитектурно-конструктивных решений по ограничению последствий от разрушений [5].

Фактически, расчеты для прогрессирующего уничтожения сводятся к расчету конструкций для динамических кратковременных нагрузок. В этом случае необходимо провести динамические нелинейные расчеты. Эта задача чрезвычайно сложна для практического применения. По этой причине, динамические вычисления сводятся к соответствующему статическому способу. Он показывает, насколько статическая нагрузка должна быть увеличена, чтобы получить динамическое перемещение. Чтобы оценить здание в целом, используется термин «живучесть» в чрезвычайных ситуациях. Это характеризует способность здания противостоять особым воздействиям. Здания с высокой «живучестью» должны обладать устойчивостью к прогрессирующему коллапсу, а также внутреннему и внешнему взрыву.

Текущие рекомендации для обеспечения устойчивости и предотвращения прогрессирующего обрушения высотных зданий требуют наиболее экономичного решения этой проблемы:

- рациональные архитектурно-конструктивные средства с учетом возможной аварийной ситуации;
- решения, обеспечивающие непрерывность конструкций;
- использование конструкций и материалов, которые вызывают пластические деформации в их соединениях и конструктивных элементов. На

практике применяются различные методы противодействия лавинному обрушению конструкций. Простейшим способом является повышение несущей способности строительных элементов. Однако такое решение приводит к большим экономическим затратам и практически не исключает вероятность потери сопротивления здания. Второй вариант основан на увеличении степени статической неопределимости в системе расчетов здания. Это приводит к локализации первоначального строительства и в то же время возникает возможность перераспределения сил, которые воспринимались как исключенные из системного элемента. Этот метод может привести к увеличению частоты колон (уменьшение шага колон), что может противоречить архитектурно-планировочным требованиям. Третий подход заключается в изучении вероятного локального разрушения здания. Этот метод является наиболее приемлемым с точки зрения обеспечения безопасности здания, с учетом вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций. Однако наиболее экономичное решение основано на расчетливом и конструктивном решении по обеспечению живучести здания. Так, например, чрезвычайная ситуация может возникнуть в результате разрушения несущего вертикального элемента - колонны. Устройство железобетонных полов может эффективно сказаться на монолитных высотках для предотвращения прогрессирующего разрушения. Основой склеенных полов, как правило, являются комплектные аутригерные системы, в том числе поперечные звенья от ядра к колоннам в сочетании с перевязкой (кольцами). Такие полы обычно сочетаются с техническими полами. Соединения могут быть сделаны в виде ферм, каркасов или плит. Шаг расположения склеенных полов определяется расчетом на прогрессирующее обрушение, с учетом расположения инженерных систем высотных зданий. Очень важно отметить, что этажи аутригеров не только предотвращают прогрессирующее обрушение конструкций, но также увеличивают его

конечную жесткость и устойчивость к горизонтальным воздействиям (ветер, землетрясение). Сегодня классическую несущую схему высотного уникального здания можно считать схемой, которая включает в себя ядро жесткости, каркас колонн и выносных опор.

Аутригер - это удаленный элемент или внешняя опора, которая соединяет ядро и колонны по периметру. Система аутригеров является наиболее эффективной конструктивной формой высотных уникальных зданий. Включает в совместную работу стержень твердости, соединенный с колоннами, консольными горизонтальными звеньями. Система сцепления может быть выполнена в виде рам, ферм, балок, плит или стен, которые не работают сдвигом. Ядро обычно располагается в центральной части здания, а выносные опоры расположены по разные стороны от жесткости сердечника. Эта структура увеличивает боковую жесткость. Под действием ветра в колоннах на подветренной стороне возникают растягивающие нагрузки.

#### Выводы и рекомендации

1. Исследования различных методов защиты зданий от прогрессирующего разрушения подтвердили положительный эффект аутригера. Конструкции с использованием склеенных полов здания позволяют уменьшить прогибы плиты и изгибающих моментов в плитах, в местах локального разрушения.

2. Развитие исследований по прогрессирующему лавинному неконтролируемому обрушению высотных зданий показывает, что в России и за рубежом еще много проблем, которые ставят следующие задачи:

- Необходимо разработать систему архитектурно-конструктивных решений, которая будет противодействовать возникновению чрезвычайных ситуаций, которые ведут к постепенному разрушению высотных зданий;

- Создать системную нормативную базу для высотного уникального строительства, в том числе для предотвращения прогрессирующего коллапса.

3. Использовать зарубежный опыт предоставления высотных уникальных зданий. Сопротивление прогрессирующему обвалу и существующему отечественному опыту.

**Библиографический список:**

1. Алмазов В.О. Сопротивление прогрессирующему разрушению - путь обеспечения безаварийности капитальных сооружений / Алмазов В.О. // III Всероссийская конференция по бетону и железобетону. - 2014. - с.13-24.

2. Алмазов В. О., Плотников А. И., Расторгуев Б. С. Проблемы сопротивления зданий прогрессирующему разрушению // Вестник МГСУ. - 2011. - № 2. - С.15-20.

3. Еремин К. И. Анализ риска несущих конструкций покрытий стальных каркасов одноэтажных промышленных зданий / Еремин К. И., Матвеюшкин С. А. // Промышленное гражданское строительство. - 2011. - № 3. - с.16-17.

4. Травуш В.И. Аутригерные конструкции высотных зданий со стальным каркасом // Высотные здания - 2014. №2.- с.32 - 35.

5. Шуллер В. Конструкции высотных зданий: перевод с английского / Издательство «Астрель». - 2004. - с.246.

*Оригинальность 96%*