

Б.А.Ажгалиева*

Международная образовательная корпорация (Кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

*Corresponding author: Banu_42@mail.ru

Информация об авторах:

Ажгалиева Бану Аккуановна – магистр технических наук, ассистент профессора,
Международная образовательная корпорация (Кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0001-9525-899>, email: Banu_42@mail.ru

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЛАВИНООБРАЗНОГО ОБРУШЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается возникновение проблемы лавинообразного обрушения здания и различные способы предотвращения обрушения конструкций. На основе мирового опыта приводятся рекомендации по защите от лавинообразного обрушения высотных зданий различных конструктивных систем.

Ключевые слова: лавинообразное обрушения, особые воздействия, конструктивная безопасность, распределения усилий, несущая способность, устойчивость, повышения локального сопротивления.

Введение. Возникновение проблемы лавинообразного обрушения. Внезапное обрушение зданий и сооружений может быть вызвано ошибками, допущенными при проектировании, отступлениями от проекта при проведении строительных работ, нарушениями правил монтажа сооружений. Имеют место плохое качество строительных работ и использование недоброкачественных строительных материалов.

Обрушению также способствуют взрывы вследствие утечки газа, неправильной эксплуатации бытовых газовых приборов, неосторожного обращения с огнем, хранения в помещении легко воспламеняющихся жидкостей и взрывчатых веществ [1, 2, 3, 4].

Наиболее уязвимые для аварий считаются высотные здания. После того как в 1968 году в Англии в здании Ronan Point произошел взрыв газа (рис.1), имели место обрушение торгового центра Samroong в Южной Корее в 1995 году (рис.2) и обрушение супермаркета в Бангладеш в 2013 году (рис.3) из-за грубого нарушения проектных норм, в мировом строительстве начинают исследовать вопросы о лавинообразном обрушении зданий из-за внезапных аварий [5, 6, 7].

Одиннадцатого сентября 2001 года два здания американского торгового центра обрушились из-за авиатеракта (рис. 4). Прогрессирующее разрушение этих двух уникальных зданий явилось следствием комбинированного характера трех особых воздействий типа «удар-взрыв-пожар». Именно это и привело к возникновению неизученных ранее эффектов. Возникла необходимость решения новой проблемы – обеспечения необходимого сопротивления уникальных объектов прогрессирующему разрушению при различных комбинированных особых воздействиях (СНЕ) с участием пожара [4].



Рисунок 1 – Разрушение панельного жилого дома от взрыва газа



Рисунок 2 – Обрушение супермаркета в Сеуле



Рисунок 3 – Обрушение торгового центра в Бангладеш



Рисунок 4 – Вследствие теракта в Нью-Йорке

Материалы и методы. *Способы предотвращения лавинообразного обрушения конструкций здания.* Зарубежные проектировщики выдвинули понятие «конструктивная безопасность», которое характеризует свойство конструкции, предотвращать лавинообразное обрушение. Конструктивная безопасность зданий и сооружений при разрушении отдельных элементов обеспечивается за счет ближайших смежных конструкций, которые могут препятствовать изменению конструктивной схемы, поддерживают способность каркаса воспринимать вертикальную нагрузку, предотвращая лавинообразное обрушение. При внезапном аварийном воздействии разрушение отдельного элемента может вызвать выключение из работы ближайших конструкций с последующим распространением этого разрушения на все здание.

Для того чтобы повысить конструктивную безопасность и долговечность зданий, необходимо [2]:

1. использовать жесткие соединения между элементами, при максимальном уменьшении статически определимых элементов конструкций;
2. использовать методы контролируемого распределения усилий при внезапных выключениях ключевых элементов;
3. использовать методы проектирования, при которых разрушение отдельных элементов не вызывает лавинообразного разрушения всей конструктивной системы;
4. предотвращать возникновение разрушения от сдвигающих сил в элементах конструкций; повышать растяжимость несущих элементов.

Результаты и обсуждение. *Контрмеры и мероприятия по предотвращению лавинообразного обрушения конструкций.* До сих пор существуют неясные вопросы лавинообразного обрушения конструкций зданий при внезапных авариях. Теория и практика данной проблемы проектирования еще недостаточно исследована. Существует много вопросов, например интервалы и степень запредельных воздействий, расчетная модель, вопросы экономии, и т.д.

Доказанная общность методических и физических принципов [3, 4], лежащих в основе понятий «долговечность», «огнестойкость», «стойкость» объектов, позволила предложить более общее понятие «стойкость объектов против

прогрессирующего обрушения при СНЕ с участием пожара», которое можно применять при решении более широкого класса задач, связанных с рассмотрением различных СНЕ.

Исследователи считают, что на сегодняшний день применимы следующие контрмеры по предотвращению лавинообразного обрушения зданий:

1. несущая система жилых конструкций должна быть устойчива к цепному обрушению в случае локального обвала отдельных элементов при аварийных ситуациях (пожар, взрыв бытового газа и т.п.);

2. первичные локальные повреждения зданий не должны приводить к обрушению соседних конструкций, на которые передается нагрузка;

3. при локальном повреждении конструктивная система здания должна сохранять устойчивость хотя бы на время, необходимое для эвакуации людей;

4. сопротивляемость к прогрессирующему обрушению высотного здания проверяется расчетом на сочетание нагрузок и воздействий от вероятных локальных разрушений несущих частей строения;

5. расчетные характеристики стройматериалов необходимо повышать за счет специальных коэффициентов надежности.

Ниже представлены некоторые мероприятия в этом направлении:

1. в соответствии с принципами, перечисленными выше, повышать конструктивную безопасность несущих систем зданий;

2. обеспечивать контролируемое перераспределение усилий при альтернативных путях нагружения после локального повреждения.

Это приближенный способ защиты от лавинообразного обрушения. Отдельный несущий элемент может разрушаться при запроектных воздействиях. Поэтому если элемент конструкции исчерпал несущую способность или потерял устойчивость, то внутренние усилия от постоянных нагрузок перераспределятся между другими элементами. В этой связи при проектировании постоянную нагрузку рекомендуется принимать $1,0D + 0,25L$, и вводить запас по прочности материалов, повышая коэффициент надежности по бетону до 1,25, по металлу до 1,05 [8].

Заключение. *Рассмотрим конструктивную безопасность различных конструктивных систем.*

Каркасная конструкция

Если средняя колонна нижнего этажа потеряла устойчивость, необходимо учитывать внутренние усилия, возникающие в верхних и соседних колоннах.

При потере устойчивости колонны каркаса продольная арматура балок может растягиваться дополнительными усилиями. В этой связи для повышения конструктивной безопасности продольная арматура балок и арматура колонн должны пересекаться в узлах и удовлетворять требованиям анкеровки.

На рисунке 5 показана потеря устойчивости средней колонны, а на рисунке 6 - потеря устойчивости нижней крайней колонны.

В случае потери устойчивости средней колонной нижнего этажа возникает пластический шарнир, но обрушение не происходит из-за восприятия допол-

нительного растяжения продольной арматурой балок. Контроль обеспечения конструктивной безопасности выполняется по следующей формуле

$$V \leq 0,75 f_y A_s \quad (1)$$

где V - поперечная сила балки от нагрузки этажа $1,0D + 0,25L$, при которой средняя колонна нижнего этажа теряет устойчивость;

f_y - расчетное значение прочности на растяжение продольной арматуры балки;

A_s - площадь продольной арматуры.

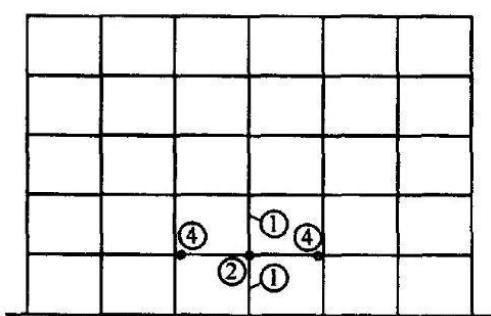


Рисунок 5 – Потеря устойчивости средней колонны

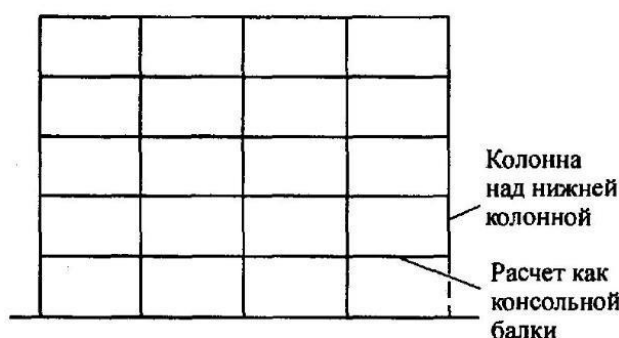


Рисунок 6 – Потеря устойчивости нижней крайней колонны

При опасности потери устойчивости продольных балок их длина должна вычисляться при нагрузках $1,0D+0,25L$, а проектное значение прочности балки на растяжение можно принимать $1,25 f_y$.

Конструкции со стенами-диафрагмами, каркасные конструкции со стенами-диафрагмами и цилиндрические конструкции

В конструкциях со стенами-диафрагмами лучше устанавливать внутренние продольные стены членением ее на отсеки. Для повышения устойчивости стен рекомендуется выполнять соединение элементов стен в углах.

В конструкциях со стенами-диафрагмами лучше использовать скрытые балки, толщина которых чуть больше, чем толщина стены. Стены конструкций зданий с цилиндрическими ядрами жесткости рассчитываются как стены каркасных конструкций со стенами-диафрагмами. На этажах здания устанавливаются кольцевые балки, а их толщина должна удовлетворять требованиям анкеровки.

Конструкции перекрытий с поддерживающими колоннами и балками

Если какая-то колонна каркаса потеряет устойчивость, необходимо учитывать и анализировать перераспределение внутренних усилий. В качестве опорных колонн каркаса следует применять центрально-сжатые бетонные или железобетонные колонны с профилями, которые могут выдерживать постоян-

ную нагрузку (1,0D + 0,25L). Опорные балки каркаса лучше выполнять железобетонными.

Установка переходных ферм

На нижнем, среднем и верхнем этажах рекомендуется устанавливать переходные фермы. В дополнение к методу перераспределения усилий можно применить по нормам США [9,10] метод DCR (Demand Capacity Ratio), с помощью которого можно определить возможность лавинообразных обрушений:

$$DCR = Q_{ud} / Q_{CE} \quad (2)$$

где Q_{ud} - усилия, которые выдержат элементы или узлы (от сжатия, изгиба, сдвига и т.д.) при предельных воздействиях;

Q_{CE} - предельное усилие для элементов или узлов.

Следующие условия определяют возможность лавинообразного обрушения:

- симметричные конструкции $DCR > 2$;
- сложные конструкции $DCR > 1,5$.

Метод повышения локального сопротивления

Для очень сложных конструкций нормы зарубежных стран рекомендуют лучше не использовать вышеприведенные методы. В этом случае можно использовать метод повышения локального сопротивления, который подразумевает перераспределение нагрузки на элементы по неблагоприятным направлениям в размере не менее 36 кН/м², с условиями того, что при этом конструкции не должны разрушаться.

Литература:

1. Алмазов В. О. Сопротивление прогрессирующему разрушению – путь обеспечения безаварийности капитальных сооружений / В.О. Алмазов //Бетон и железобетон – взгляд в будущее. III Всероссийская (II Международная) конференция по бетону и железобетону. Том II. – М., 2014. – С. 13-24.
2. Гениев Г.А. Вопросы конструктивной безопасности железобетонных конструкций при внезапных запроектных воздействиях / Г.А. Гениев [и др.] // Бетон и железобетон – пути развития. Научные труды 2-й Всероссийской (1-ой Международной) конференции по бетону и железобетону. Т. 2. – М., 2005. – С. 359-367.
3. Расторгуев Б.С. Проектирование зданий и сооружений при аварийных взрывных воздействиях: учеб. пособие/ Б.С. Расторгуев, А.И. Плотников, Д.З. Хуснутдинов – М.: Изд. АСВ, 2007. -152 с.
4. Теличенко В.И. Обеспечение стойкости зданий и сооружений при комбинированных особых воздействиях с участием пожара – базовый элемент системы комплексной безопасности/ В.И. Теличенко, В.М. Ройтман. – М.: МГСУ, 2009.
5. BS EN 1991-1-7:2006 Eurocode 1. Actions on structures. General actions. Accidental actions.
6. Comite Europeen de Normalisation (2002), Draft pr EN 1992-1-1: July 2002, Eurocode 2: Design of concrete structures, Part 1: General and rules for buildings, Brussels.

7. *Comite Europeen de Normalisation (2002), Draft prEN 1991-1-7: March 2002, Eurocode 1: Actions on Structures. Part 1.7: General Actions – Accidental actions due to impact and explosions. First Project Team (stage 32) draft, Amended version 8, Brussels.*
8. *Проектирование современных высотных зданий / под.ред. Сюй Пэйфу: перевод с китайского под редакцией академика РААСН, д.т.н., профессора В.И. Колчунова. –М.: Издательство АСВ, 2008г.- 469с.*
9. *Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. The Unified Facilities Criteria (UFC) 4–023–03, Department of Defense, Approved for public release. 2003, 176p.*
10. *Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Expansion Projects, prepared by Applied Research Associates for GSA, Washington D.C., 2003, p. 119.*

References:

1. *Almazov V.O. Resistance to progressive destruction - the way to ensure trouble-free capital structures / V.O. Almazov // Concrete and reinforced concrete - a look into the future. III All-Russian (II International) conference on concrete and reinforced concrete. Volume II. – М., 2014. – P. 13-24.*
2. *Geniev G.A. Issues of constructive safety of reinforced concrete structures in case of sudden beyond design-basis impacts. Geniuses [and others] // Concrete and reinforced concrete - ways of development. Scientific works of the 2nd All-Russian (1st International) conference on concrete and reinforced concrete. T.2. – М., 2005. – Pp. 359-367.*
3. *Rastorguev B.S. Design of buildings and structures under emergency explosive effects: Textbook / B.S. Rastorguev, A.I. Plotnikov, D.Z. Khusnutdinov. – М.: Ed. ASV, 2007. – 152 p.*
4. *Telichenko V.I. Ensuring the resistance of buildings and structures under combined special impacts involving fire is a basic element of the integrated safety system / V.N. Telichenko, V.M. Roitman. – М.: MGSU, 2009.*
5. *BS EN 1991-1-7: 2006 Eurocode 1. Actions on structures. General actions. Accidental actions.*
6. *Comite Europeen de Normalization (2002), Draft pr EN 1992-1-1: July 2002, Eurocode 2: Design of concrete structures, Part 1: General and rules for buildings, Brussels.*
7. *Comite Europeen de Normalization (2002), Draft prEN 1991-1-7: March 2002, Eurocode 1: Actions on Structures. Part 1.7: General Actions - Accidental actions due to impact and explosions. First Project Team (stage 32) draft, Amended version 8, Brussels.*
8. *Design of modern high-rise buildings / ed. Xu Peifu: translation from Chinese under the editorship of Academician of RAASN, Doctor of Technical Sciences, Professor V.I. Kolchunov. – М.: Publishing house ASV, 2008. – 469s.*
9. *Design of Buildings to Resist Progressive Collapse. The Unified Facilities Criteria (UFC) 4–023–03, Department of Defense, Approved for public release. 2003, 176p.*
10. *Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Expansion Projects, prepared by Applied Research Associates for GSA, Washington D.C., 2003, p. 119.*

Б.А.Ажғалиева*

Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан

*Corresponding author: Banu_42@mail.ru

Авторлар жайлы ақпарат:

Ажғалиева Бану Аққуановна – техника ғылымдарының магистрі, профессор ассистенті, Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан
<https://orcid.org/0000-0001-9525-899>, email: Banu_42@mail.ru

ҒИМАРАТ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ ҮДЕМЕЛІ ТҮРДЕ ҚИРАУЫНЫҢ АЛДЫН АЛУ БОЙЫНША ТУЫНДАҒАН КЕЙБІР МӘСЕЛЕЛЕР

Аңдатпа. Мақалада ғимараттың үдемелі түрде қирап құлау мәселесінің орын алуы және конструкциялардың қирауының алдын алудың әр түрлі жолдары қарастырылған. Әлемдік тәжірибе негізінде әртүрлі құрылымдық жүйелердегі көп қабатты үйлердің үдемелі қирау салдарынан қорғауға арналған ұсыныстар жасалады.

Түйін сөздер: үдемелі қирап құлау, арнайы әсерлер, конструктивті қауіпсіздік, күштеулердің таралуы, көтергіштік қабілеті, орнықтылық, жергілікті қарсылықты арттыру.

В.А. Azhgaliyeva*

International Education Corporation (Campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: Banu_42@mail.ru

Azhgalieva Banu – Master of Technical Sciences, Assistant Professor, International Education Corporation (Campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-9525-899>, email: Banu_42@mail.ru

SOME ISSUES ON PREVENTION OF AVALANCHE COLORING OF BUILDING STRUCTURES

Abstract. The article discusses the emergence of the problem of an avalanche collapse of a building and various ways to prevent collapse of structures. On the basis of world experience, recommendations are made for protection against avalanche collapse of high-rise buildings of various structural systems.

Keywords: avalanche collapse, special effects, constructive safety, distribution of forces, bearing capacity, stability, increasing local resistance.