



НОРМУВАННЯ ЗАХИСТУ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ ВІД ПРОГРЕСУЮЧОГО РУЙНУВАННЯ ПРИ КОМБІНОВАНИХ ОСОБЛИВИХ ДІЯХ

В. М. Ройтман

*Московський державний будівельний університет ім. В. Куйбишева,
Комсомольський проспект, 38/16, 95, м. Москва, Російська Федерація, 119146,
e-mail: roytman-msuse@yandex.ru*

Отримана 12 вересня 2007; прийнята 17 січня 2008.

Анотація. Показана необхідність обліку і нормування пожежної безпеки висотних будівель для ширшого кола особливих, зокрема комбінованих особливих дій, які можуть приводити до прогресуючого руйнування цих унікальних об'єктів. Обґрунтовані і сформульовані пропозиції в нормування пожежної безпеки висотних будівель в частині: введення «Особливого класу функціональної пожежної небезпеки»; спеціального блоку заходів захисту висотних будівель від прогресуючого руйнування, як базового блоку всієї системи протипожежного захисту цих об'єктів. Пропонується загальний підхід і інженерний метод оцінки стійкості будівель проти прогресуючого руйнування при комбінованих особливих діях. Розроблена програмна система для аналізу небезпек і ризиків НС в міському оточенні на основі технології «віртуальної реальності».

Ключові слова: пожежа, вибух, удар, стійкість, конструкція, будівля.

НОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ПРОТИВ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО РАЗРУШЕНИЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННЫХ ОСОБЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

В. М. Ройтман

*Московский государственный строительный университет им. В. Куйбишева,
Комсомольский проспект, 38/16, 95, г. Москва, Российская Федерация, 119146,
e-mail: roytman-msuse@yandex.ru*

Получена 12 сентября 2007; принята 17 января 2008.

Аннотация. Показана необходимость учета и нормирования пожарной безопасности высотных зданий для более широкого круга особых, в том числе комбинированных особых воздействий, которые могут приводить к прогрессирующему разрушению этих уникальных объектов. Обоснованы и сформулированы предложения в нормирование пожарной безопасности высотных зданий в части: введения «Особого класса функциональной пожарной опасности»; специального блока мер защиты высотных зданий от прогрессирующего разрушения, как базового блока всей системы противопожарной защиты этих объектов. Предлагается общий подход и инженерный метод оценки стойкости зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях. Разработана программная система для анализа опасностей и рисков ЧС в городском окружении на основе технологии «виртуальной реальности».

Ключевые слова: пожар, взрыв, удар, стойкость, конструкция, здание.

SETTING OF NORMS OF HIGH-RISE BUILDING PROGRESSIVE DAMAGE PROTECTION UNDER COMBINED SPECIAL INFLUENCES

B. M. Roytman

*Moscow State Build University,
38/16, 95, Komsomol'sky Ave., Moscow 119146, Russian Federation,
e-mail: roytman-msuse@yandex.ru*

Received September 12, 2007; accepted January 17, 2008.

Abstract. There is shown a necessity of accounting and setting norms of a high-rise building fire safety under a variety of special, including combined special, influences which can result in a progressive damage of these unique objects. There are grounded and formulated proposals as to setting norms of fire safety of high-rise buildings in part Introductions of a «Special class of functional fire hazard»; a special block of measures of high-rise buildings progressive protection as a base unit of the whole system of fire protection of these objects. A general approach and engineering method of estimating a building stability is offered against a progressive damage under combined special influences. A program system is developed to analyze damages and risks of an emergency situation in a city surroundings on the basis of the «virtual reality» technology.

Keywords: fire, explosion, impact, resistance, structure, building.

Введение

Трагические события в Нью-Йорке 11 сентября 2001 года, связанные с атакой террористов зданий Всемирного торгового центра (WTC) поставили перед человечеством ряд политических, социальных, технических проблем.

Среди технических проблем основное место заняли проблемы комплексной безопасности, связанные с защитой уникальных объектов от чрезвычайных ситуаций в виде комбинированных особых воздействий (СНЕ) удара, взрыва, пожара (IEF)..

Исследования этих проблем [1-2] показали, что одной из важнейших задач является «улучшение характеристик зданий по замедлению или предупреждению коллапса зданий в этих условиях».

1. Состояние вопроса

В современных нормах [9-11], в системе противопожарной защиты (СПЗ) зданий, уже регламентируется защита от прогрессирующего разрушения конструкций и зданий, в

том числе высотных, при комбинированном воздействии на них рабочих нагрузок и высоких температур пожара. Именно эти комбинированные воздействия в подавляющем большинстве случаев являются причиной и определяют возможность прогрессирующего обрушения конструкций и зданий [13-14].

Основным показателем, определяющим уровень безопасности объекта в рассматриваемых условиях, принимается огнестойкость - время (в минутах) сопротивления основных конструкций объекта особым воздействиям рабочей нагрузки и пожара.

Например, МГСН 4.04 [10] регламентирует величину огнестойкости основных конструкций зданий, выше 16 этажей, значением 180 минут. Это значит, что, после возникновения пожара в высотном здании, оно в течении 3-х часов не должно утратить свою устойчивость или геометрическую неизменяемость.

События 11 сентября 2001 года в Нью-Йорке показали необходимость обеспечения защиты высотных зданий для более широкого круга особых воздействий, которые могут

приводить к прогрессирующему разрушению этих уникальных объектов.

Решение этих проблем невозможно без разработки в нормах по проектированию высотных зданий и других уникальных объектов специальных регламентации меры их сопротивления прогрессирующему разрушению при различных особых воздействиях.

2. Понятие о прогрессирующем разрушении зданий

Несмотря на то, что понятие «прогрессирующее разрушение зданий» у всех «на слуху», смысл и содержание этого понятия требует специального рассмотрения и уточнения [13-14].

Физической основой процесса разрушения твердых тел является развивающийся во времени процесс накопления повреждений и деформаций в структурных элементах твердых тел [7-8].

С учетом этих представлений, **прогрессирующее разрушение объекта - это последняя, лавинообразная, стадия развивающегося во времени процесса последовательного накопления повреждений или деформаций структурных элементов объекта, приводящих к потере общей устойчивости и геометрической неизменяемости объекта в целом.**

В таком сложном объекте как здание может быть несколько уровней структурных элементов, которые могут испытывать прогрессирующее разрушение [13-14]:

Уровень 1. Отдельные конструктивные элементы здания. Прогрессирующее разрушение на этом уровне представляет собой последнюю стадию накопления нарушений структуры и деформаций элемента в виде потери его несущей способности.

Уровень 2. Характерные группы конструктивных элементов здания при комбинированных особых воздействиях (СНЕ). Все элементы, входящие в ту или иную характерную группу, находятся в одном и том же состоянии и подвергаются одинаковым воздействиям при СНЕ. В этом случае прогрессирующее разрушение происходит одинаково и одновременно для всей группы элементов, входящих в характерную группу.

Уровень 3. Пространственная система, состоящая из нескольких групп конструктивных элементов. В условиях СНЕ прогрессирующее

разрушение такого объекта представляет собой цепную реакцию последовательной потери несущей способности группами структурных элементов уровня 2, имеющих различную стойкость при СНЕ

Уровень 4. Здание в целом как объект, состоящий из нескольких пространственных систем, тем или иным способом связанных друг с другом. В условиях СНЕ прогрессирующее разрушение здания в целом будет представлять собой последнюю стадию истощения ресурса стойкости каждой из пространственных систем конструктивных элементов здания, приводящей к потере общей устойчивости или геометрической неизменяемости здания в целом.

Таким образом, прогрессирующее разрушение здания в целом в условиях СНЕ представляет собой последнюю стадию процесса последовательной утраты несущей способности структурных элементов здания, начиная с уровня 1, затем 2, 3 и 4.

3. Необходимость введения в нормы характеристики особого характера пожарной и взрывопожарной опасности высотных зданий

Пожары, взрывы и другие ЧС представляют собой особую опасность для высотных зданий в силу особенностей их конструктивно-планировочных решений, назначения, возведения и последующей эксплуатации.

Этот особый характер пожарной и взрывопожарной опасности высотных зданий определяется:

- наличием условий, способствующих возникновению пожара;
- возможностью массового пребывания людей в здании;
- высотой здания, превышающей возможности использования для спасения людей механических лестниц, имеющих в гарнизонах пожарной охраны;
- интенсивным распространением при пожаре в высотном здании пламени, дыма, токсических веществ по помещениям, коридорам, лестничным клеткам, шахтам лифтов и техническим коммуникациям, а также через неплотности и зазоры в строительных конструкциях;

- блокированием лифтов и выходом из строя управления лифтами;
- возможностью частичного или полного разрушения при ЧС отдельных элементов здания, определенной зоны здания или прогрессирующего разрушения всего здания в целом;
- отсутствием или недостаточностью средств для спасения людей внутри здания.

Анализ причин и трагических последствий чрезвычайных ситуаций с высотными зданиями 151 привел к пониманию того, что высотные здания являются особо опасными многофункциональными объектами, требующих особых мер по обеспечению их противопожарной защиты (ППЗ).

В современных нормах 191 уровень пожарной опасности для различных зданий, частей зданий, помещений или групп помещений, функционально связанных между собой, подразделяются на классы по функциональной пожарной опасности. По этой классификации высотные здания, в зависимости от назначения, могут быть отнесены как к классу Ф1, как здания для постоянного проживания и временного (в том числе круглосуточного) пребывания людей, так и к классам Ф2, Ф3, Ф4, как здания культурно-просветительских учреждений, учреждений управления и др.

В связи с этим, необходимо в нормах для высотных зданий предусмотреть дополнительный, «особый класс функциональной пожарной опасности» высотных зданий. Предлагается обозначить этот класс как «Ф 0с», с соответствующей регламентацией в нормах особых мер по обеспечению противопожарной защиты объектов этого класса 151.

4. Нормирование сопротивления высотных зданий прогрессирующему разрушению при различных типах особых воздействий

4.1. Предлагаемые термины и определения [13-14]

Особое воздействие на объект - исключительное воздействие, резко отличающееся от обычных условий существования объекта.

Комбинированное особое воздействие (СНЕ) - чрезвычайная ситуация, связанная с возникновением и развитием нескольких видов особых воздействий на объект в различных сочетаниях

и последовательностях.

Основные особые воздействия техногенного характера на строительные объекты: удар (I), взрыв (E), пожар (P), нагрузка (8) и т.д.

Стойкость конструкции при СНЕ - время, в течение которого конструкция сохраняет свои несущие, ограждающие функции в условиях комбинированных особых воздействий.

Стойкость здания против прогрессирующего обрушения - время, в течение которого здание в целом сопротивляется воздействию опасных факторов СНЕ, без потери общей устойчивости и геометрической неизменяемости, определяется стойкостью при СНЕ его основных конструкций.

4.2. Блок мер по защите объектов от прогрессирующего разрушения [13-14]

В этот блок, который должен входить в систему противопожарной защиты (СПЗ) здания, с учетом практики нормирования [9-12], предлагается включить следующие меры защиты:

1. Обеспечение огнестойкости конструкций (Обеспечение стойкости конструкций при комбинированном воздействии эксплуатационных /нормативных/ нагрузок и высоких температур пожара).
2. Обеспечение огнестойкости зданий (Обеспечение стойкости зданий против прогрессирующего разрушения при пожаре).
3. Обеспечение взрывозащиты здания, в котором есть или могут быть взрывоопасные помещения (Обеспечение стойкости здания против прогрессирующего разрушения при внутренних взрывах).
4. Обеспечение стойкости зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях, типа «удар-взрыв-пожар».

Следует особо отметить, что этот блок мер защиты объектов против прогрессирующего разрушения, фактически является **базовым** блоком системы СПЗ.

Именно этот блок мер СПЗ обеспечивает, так называемую, «первоочередную безопасность» [4] объекта, или, иначе говоря, его способность сопротивляться в течение определенного времени не только воздействию пожара, но и другим, в том числе комбинированным, особым воздействиям [13-14].

Кроме того, огнестойкость конструкций и зданий, помимо своей прямой функции обеспечения требуемого сопротивления объекта воздействию пожара, является определяющим параметром для выбора остальных элементов защиты [5].

4.3. Нормирование огнестойкости конструкций высотных зданий

Огнестойкость является международной пожарно-технической характеристикой и характеризует способность конструкций и зданий сопротивляться воздействию пожара.

Для высотных зданий в нормах [10] регламентируются «особая» степень огнестойкости здания. В соответствии с этим, к конструкциям зданий, относящихся к особой степени огнестойкости, также предъявляются особые требования по огнестойкости.

Минимальные пределы огнестойкости конструкций многофункциональных зданий повышенной этажности, имеющих особую степень огнестойкости, должны быть не менее:

- несущие стены - REI 180;
- противопожарные стены - REI 180;
- колонны - R 180;
- стены лестничных клеток - REI 180;
- элементы перекрытий (балки, ригели, рамы, фермы) - R 180;
- противопожарные перекрытия - REI 180;
- ограждающие конструкции лифтовых шахт - REI 90;
- шахт пожарных лифтов - REI 120;
- коммуникационных шахт - REI 60.

Для зданий высотой более 100 метров предел огнестойкости, как правило, должен повышаться со 180 до 240 минут [10-11].

Как показывает анализ *151*, требование норм [10-11] об увеличении пределов огнестойкости основных конструкций зданий высотой более 100 метров до 4-х часов является избыточным.

Результаты экспериментальных исследований (см. рис.1) свидетельствуют о том, что длительность стандартного огневого испытания в течение 4-х часов соответствует пожарной нагрузке в помещении более 200 кг/м² в пересчете на древесину.

Это во много раз превышает реальные значения пожарной нагрузки в помещениях

многофункциональных высотных зданий и противоречит положению норм (п. 2.25 [7]) о том, что «средняя пожарная нагрузка в зданиях более 16 этажей не должна превышать 50 кг/м² (при пересчете на древесину)».

Графики на рис.1 показывают, что, при ограничении величины пожарной нагрузки в помещениях зданий выше 16 этажей значением 50 кг/м²[7], продолжительность реального пожара в этих помещениях жилых и общественных зданий не может превышать 1,5-2,0 часа.

Поэтому требуемая степень огнестойкости высотных зданий будет обеспечена с большим запасом, если минимальные значения пределов огнестойкости основных конструкций этих объектов будут равны:

- для зданий высотой до 100 метров - 150 минут;
- для зданий высотой более 100 метров - 180 минут.

4.4. Обеспечение взрывозащиты высотных зданий против возможных внутренних взрывов

События 11 сентября 2001 года в Нью-Йорке и ряд других прецедентов показали, что в помещениях высотных зданий, при определенных обстоятельствах, могут иметь место внутренние взрывы.

Во время атаки террористами башен Всемирного торгового центра, обломки самолетов, пробив наружную оболочку башен, проникли внутрь зданий. В помещения башен, в зоне удара, попало авиатопливо из разрушенных топливных баков самолетов, и, как следствие этого, в зоне удара самолета, внутри башен произошли взрывы смеси распыленного и испарившегося авиатоплива с воздухом (см. рис.2).

Избыточные давления при взрывах такого рода внутри здания могут оказаться достаточными для разрушения основных несущих конструкций здания и привести к его прогрессирующему разрушению.

При проектировании зданий, в которых имеются взрывоопасные помещения, предусматриваются специальные меры по их взрывозащите, которые регламентированы соответствующими нормами [12]. Например, в СНиП [12] регламентируется, что во взрывоопасных помещениях следует предусматривать наружные

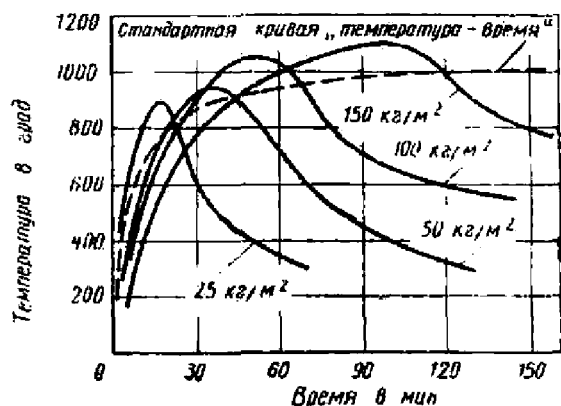


Рис. 1. Влияние величины пожарной нагрузки в помещении на продолжительность пожара в этом помещении в соотношении со стандартной кривой «температура-время», используемой при оценках огнестойкости конструкций (Данные ВНИИПО).

легкосбрасываемые ограждающие конструкции. В качестве легкосбрасываемых конструкций следует, как правило, использовать остекление окон.

Эффективность этой меры защиты высотных зданий от прогрессирующего разрушения при внутреннем взрыве показало поведение башен ВТЦ во время событий 11 сентября 2001 года.

Именно благодаря вскрытию остекления, пробоинам в наружной оболочке башен ВТЦ, после удара самолета во время событий 11 сентября 2001 года, большое количество взрывоопасной смеси топлива с воздухом было выброшено и сгорело в окружающей среде в виде гигантских «огненных шаров» (см. рис.2). Это снизило избыточное давление взрыва внутри здания до уровня, безопасного для основных несущих конструкций здания и прогрессирующего разрушения башен в этот момент времени не произошло [13-14].

В связи с вышеизложенным, представляется необходимым, для высотных зданий и ряда других уникальных объектов, предусмотреть в нормах проверку наружного остекления этих объектов на возможность их использования в качестве взрывозащиты здания.

По аналогии с [12], для высотных зданий требуемую площадь легкосбрасываемых конструкций следует определять расчетом. При отсутствии расчетных данных площадь

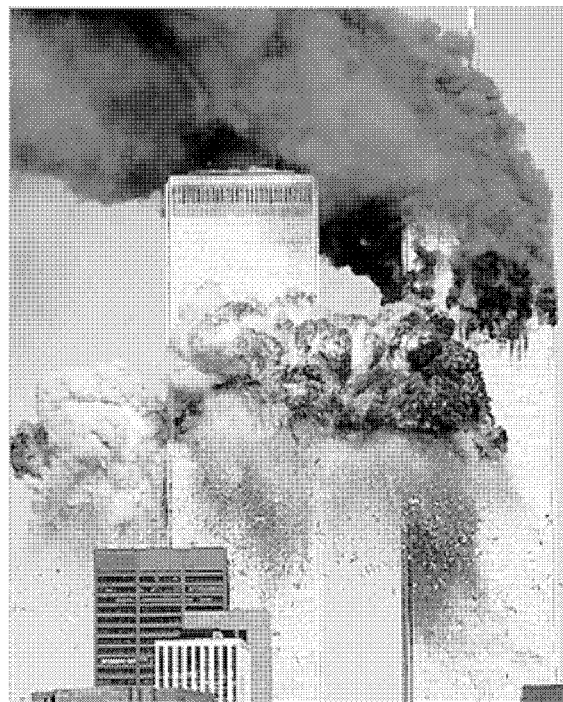


Рис. 2. Прогрессирующего разрушения зданий ВТЦ-1 (на фото справа) и ВТЦ-2, в момент удара самолета и взрыва топлива самолета в зоне удара 11 сентября 2001 года, не произошло, так как вскрывшиеся проемы сыграли роль взрывозащиты здания.

легкосбрасываемых конструкций должна составлять не менее $0,05 \text{ м}^2$ на 1 м^3 объема потенциально взрывоопасного помещения [12].

4.5. Обеспечение стойкости зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях

4.5.1 Исходные предпосылки

В основу предлагаемого [6, 13,14] общего подхода оценки стойкости зданий против прогрессирующего обрушения положены положения хорошо разработанной теории стойкости конструкций и зданий против прогрессирующего разрушения при воздействии пожара, которые являются частным случаем общей теории стойкости.

Доказанная общность методических и физических принципов, лежащих в основе представлений о «долговечности», «огнестойкости», «стойкости» объектов [7.8] послужили основой для применения данного подхода для более широкого класса **задач**, связанных с

комбинированными особыми воздействиями на конструкции и здания, типа «удар-взрыв-пожар» [13-14].

В силу этой общности, решения такого рода задач должны являться элементами общей системы противопожарной защиты (СПЗ) зданий и сооружений (в т.ч. высотных).

4.5.2. Предложения в нормирование

Стойкость зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях, при необходимости, следует определять расчетом [13,14].

При отсутствии расчетных данных, этот вид стойкости здания должен оцениваться в эквивалентном увеличении минимальных пределов огнестойкости основных конструкций здания.

При необходимости учета стойкости высотных зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях следует:

- для зданий высотой до 100 метров - повышать пределы огнестойкости основных конструкций зданий до 180 минут;
- для зданий выше 100 метров - до 240 минут.

4.5.4. Расчетный метод оценки стойкости конструкций и зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях

Суть предлагаемого метода оценки стойкости конструкций и зданий против прогрессирующего разрушения при СНЕ заключается в расчете изменения несущей способности уцелевших и частично поврежденных конструкций и нагрузок на них при заданном сценарии СНЕ, с учетом особенностей поведения материалов конструкций в рассматриваемых условиях [13-14].

На рис.3 представлена общая схема такого рода оценки при СНЕ.

Кривая 1 рис.3 характеризует изменение несущей способности конструкции при комбинированном воздействии эксплуатационной нагрузки "S" и термической нагрузки пожара, приводящее к наступлению ее прогрессирующего обрушения (т. А - предел огнестойкости конструкции по потере несущей способности).

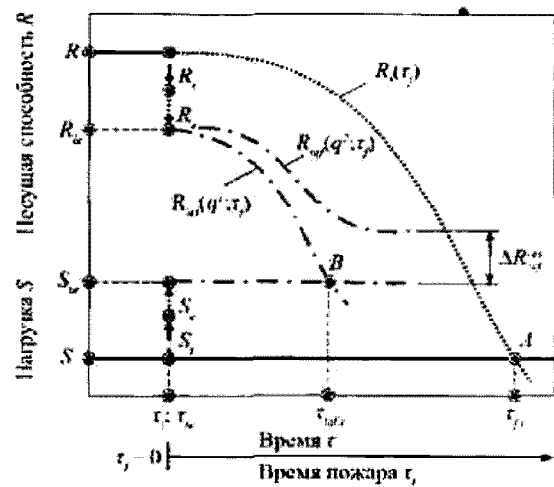


Рис. 3. Общая схема изменения несущей способности "R" конструкций зданий и нагрузок "S" на них при различных комбинированных особых воздействиях (СНЕ).

Кривая 2 характеризует изменение несущей способности конструкции при комбинированном особом воздействии типа «удар-взрыв-пожар»(СНЕ IEF), вызванном столкновением самолета со зданием, приводящее к наступлению ее прогрессирующего обрушения (т.В-предел стойкости при СНЕ IEF).

Кривая 3 характеризует вариант изменения несущей способности конструкции при СНЕ IEF, не приводящего к наступлению ее прогрессирующего разрушения и сохранению некоторого остаточного «резерва» прочности.

На основании общего подхода и метода оценки стойкости зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях разработаны инженерные методы [13-14] и программная система для анализа опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в городском окружении на основе технологии «виртуальной реальности» [5].

5. Классификация мер системы противопожарной защиты высотных зданий, с учетом мер по обеспечению стойкости этих объектов против прогрессирующего разрушения

Система противопожарной защиты (СПЗ) зданий, высотой 16 этажей и выше будет включать, с учетом вышеизложенного, в общем случае 16

элементов защиты, которые по назначению предлагается сгруппировать в 4 блока [5, 13-14]:

Блок 1. Меры по обеспечению стойкости зданий или их частей против прогрессирующего разрушения.

Блок 2. Меры по ограничению распространения пожара в высотных зданиях.

Блок 3. Меры по обеспечению безопасности людей при ЧС в высотных зданиях.

Блок 4. Меры активной защиты высотных зданий от пожара (пожарная сигнализация, средства пожаротушения, опорные пункты пожаротушения, центральный пульт управления системой противопожарной защиты (ЦПУ СПЗ)).

Заключение

1. События 11 сентября 2001 года в Нью-Йорке показали необходимость учета в нормировании безопасности высотных зданий более широкого круга особых, в том числе комбинированных, воздействий, которые могут приводить к прогрессирующему разрушению этих уникальных объектов.
2. Показаны особый характер пожарной и взрывопожарной опасности высотных зданий и обоснована необходимость введения в нормы для этих объектов «Особого класса функциональной пожарной опасности».
3. Обоснована необходимость внесения в нормы специального блока мер защиты высотных зданий от прогрессирующего разрушения. Отмечается, что этот блок мер защиты высотных зданий против прогрессирующего разрушения должен относиться к системе противопожарной защиты (СПЗ) высотных зданий, так как, фактически, этот блок является **базовым** блоком всей СПЗ, т.к. обеспечивает, так называемую «первоочередную безопасность» объекта.
4. Предлагается ввести в нормы обеспечения пожарной безопасности высотных зданий, для удобства пользования этими нормами, классификацию элементов СПЗ, согласно которой все элементы этой системы, в зависимости от их назначения, подразделяются на 4 блока.
6. Дается обоснование возможности ограничить минимальные значения пределов ог-

нестойкости основных конструкций высотных зданий следующими величинами:

- для зданий высотой до 100 метров - 150 минут;
 - для зданий высотой более 100 метров - 180 минут
7. Обоснована необходимость для высотных зданий и ряда других уникальных объектов предусмотреть в нормах проверку наружного остекления этих объектов на возможность их использования в качестве взрывозащиты здания.
 8. Сформулированы предложения в нормирование по регламентации и оценке стойкости высотных зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях типа «удар-взрыв-пожар».
 9. Предлагаемый общий подход и инженерный метод оценки стойкости зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях дает возможность оценить время сопротивления объектов до начала их прогрессирующего разрушения в рассматриваемых условиях. Разработана программная система для анализа опасностей и рисков ЧС в городском окружении на **основе** технологии «виртуальной реальности».

Литература

1. Latest Findings from NIST World Trade Center Investigation Released. (April 5, 2005)
2. World Trade Center Building Performance Study: Data Collection, Preliminary Observations, and Recommendations. Federal Emergency Management Agency (FEMA) 403 /May 2002, New York.
3. Дмитриев А.Н. Успехи и перспективы строительной науки.- Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, №3, 2004, с.8-9.
4. Николаев С.В., Граник Ю.Г. Проблемные вопросы пожарной безопасности высотных зданий. - Современные системы и средства комплексной безопасности и противопожарной защиты объектов строительства / Третья международная конференция-выставка. - Москва, Стройбезопасность, 2005, с. 12-13.
5. Ройтман В.М. Особенности обеспечения противопожарной защиты высотных зданий. - Современное высотное строительство. Эффективные технологии и материалы: 2-й Межд.симпозиум по строит.мат-лам Кнауф для СНГ (Сб.докл).- М.: МГСУ, 2005, с.173-18

6. Pasma H.J., Kirillov L.A., Roytman V.M. and others. - NWO project 047.011.2001.035 "Hazards and Risk Analysis for Aircraft Collision with High-Rise Building", TNO, Netherlands
7. Бетехтин В.И., Ройтман В.М., Слуцкер А.И., Кадомцев А.Г. Кинетика разрушения нагруженных материалов при переменной температуре. - Журнал технической физики, 1998, т.68, № 11, с.76-81.
8. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. - М.: Пожнаука, 2001. - 383 с., ил.
9. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений
10. МГСН 4.04-94. Многофункциональные здания и комплексы .
11. МГСН 4.19-2005. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве.
12. СНиП 31- 03- 2001. Производственные здания.
13. Ройтман В.М. Инженерные аспекты событий 11 сентября 2001 года в Нью-Йорке при атаке террористами башен Всемирного торгового центра. - Глобальная безопасность, сентябрь 2006 года, с.30-35.
14. Ройтман В.М. Стойкость высотных зданий против прогрессирующего разрушения - базовый блок системы противопожарной защиты этих объектов. - 4-я международная научно-практическая конференция «Современные системы и средства комплексной безопасности и противопожарной защиты объектов строительства. Стройбезопасность -2006: Сб. материалов. 2006, с. 37-39.
15. Лукашевич И.Е., Кириллов И.А., Ройтман В.М. и др. Программная система для анализа опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в городском окружении на основе технологии «виртуальной реальности». - Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечения граждан (Сборник докладов). - М.: МГСУ, 2005, с.21-28.

Ройтман Владимир Миронович работает профессором Московского государственного строительного университета, доктор технических наук. Научные интересы: пожарная безопасность зданий и сооружений.

Ройтман Володимир Миронович працює професором Московського державного будівельного університету, доктор технічних наук. Наукові інтереси: пожежна безпека будівель і споруд.

Roytman Vladimir M. – a professor of Moscow State Building University, Dr. Sc. (Eng.). Scientific interests: fire safety of buildings and structures.