

**НАУЧНО - МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»
(г. Минск, БНТУ — 24.05.2011)**

УДК 624.012

**ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ
ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ**

ТУР В.В.

Брестский государственный технический университет
Брест, Беларусь

**Прогрессирующее обрушение —
непропорциональное обрушение:**

- цепная реакция разрушений конструктивных элементов системы, распространяющаяся вертикально и (или) горизонтально;
- катастрофическое частичное или полное обрушение в результате наступления особого события (анормального воздействия), приводящего к локальному разрушению отдельного конструктивного элемента;
- результирующее обрушение конструктивной системы непропорционально локальному разрушению при наступлении особого события.

Особые (анормальные) воздействия A_d

Идентифицированные:

— известен или прогнозируем сценарий (качественная сторона);
— можно установить количественное значение (взрыв природного газа, удары от столкновения транспортных средств с элементами конструктивной системы);

Неидентифицированные:

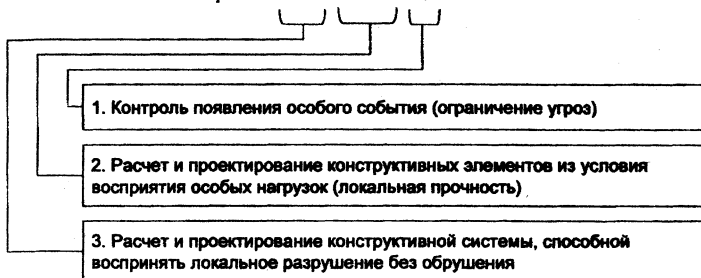
Не известны количественные, а нередко и качественные характеристики воздействия (человеческие ошибки, саботаж, террористические и криминальные атаки и т.д.)

Особые (анормальные) воздействия характеризуются:

- а) очень малой продолжительностью;**
- б) значительной чувствительностью (величиной);**
- в) низкой вероятностью появления в течение проектного срока эксплуатации (менее 10^{-4});**
- г) значительными последствиями (травмы, ранения, смерти людей, экономический ущерб, экологические последствия).**

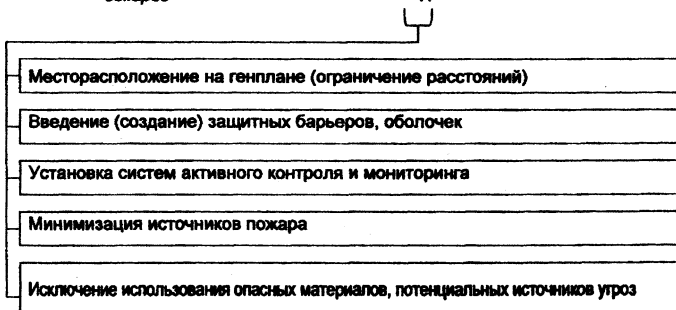
Стратегия ограничения рисков

$$\lambda_{collapse} = P(C|D) P(D|H) \lambda_H$$



Ограничение угроз

$$\lambda_{collapse} = P(C | D) P(D | H) \lambda_H$$





Категории (классы) зданий и сооружений по последствиям обрушения

Класс	Примеры категорий зданий
1 $RF < 0,7$	<p>Отдельные жилые дома не более 4-х этажей. Сельскохозяйственные здания.</p> <p>Здания, редко помещаемые людьми, у которых части здания не примыкают к другим зданиям или зонам, посещаемым людьми, и располагаются от них на расстоянии не менее 1,5 высоты здания</p>
2 2А Группа пониженного риска $0,7 < RF < 2$	<p>5-этажные жилые дома. Гостиницы высотой не более 4-х этажей. Квартиры, апартаменты и другие жилые здания не более 4-х этажей. Офисные здания не более 4-х этажей. Одноэтажные образовательные здания. Все здания не более 2-х этажей, у которых площади перекрытий не превышают 2000 м² на каждом этаже</p>

Категории (классы) зданий и сооружений по последствиям обрушения

Класс	Примеры категорий зданий
2 2Б Группа повышенного риска $2 < RF < 4$	<p>Гостиницы, апартаменты и другие подобные здания более 4-х этажей, но не более 15-ти этажей.</p> <p>Образовательные (учебные) здания более одного этажа, но не более 15 этажей. Больницы не более 3-х этажей.</p> <p>Офисные здания более 4-х этажей, но не более 15-ти этажей.</p> <p>Все здания, в которых допускается появление людей, и имеющие площади перекрытий более 2000 м², но не более 5000 м² на каждом этаже.</p>
3 RF > 4	<p>Все здания, относящиеся к классу 2, но в которых превышены ограничения по площади и количеству этажей.</p> <p>Все здания, в которых наблюдается значительное скопление людей.</p> <p>Зрелищные сооружения с более 500 зрителями.</p> <p>Здания, в которых могут быть размещены субстанции и/или технологические процессы</p>

Рекомендуемые стратегии для проверки живучести конструктивных систем с точки зрения восприятия локального разрушения

Класс	Стратегия
1	Конструктивные элементы здания рассчитываются и конструируются в соответствии с правилами, приведенными в традиционных нормах для обеспечения требований первой и второй групп предельных состояний. Никаких дополнительных мер не требуется
2А	В дополнение к стратегии, рекомендованной для класса 1, предусматривается устройство эффективных горизонтальных связей, обеспечение условий анкеровки элементов перекрытий в стенах в соответствии со специальными рекомендациями соответственно для каркасных систем и зданий с несущими стенами

Рекомендуемые стратегии для проверки живучести конструктивных систем с точки зрения восприятия локального разрушения

Класс	Стратегия
2Б	В дополнение к стратегиям, рекомендованной для класса 1, предусматривается устройство горизонтальных связей в соответствии со специальными рекомендациями для каркасных систем и зданий с несущими стенами совместно с выполнением вертикальных связей во всех несущих колоннах и стенах или альтернативно конструктивная система здания должна быть проверена расчетом после вынужденного удаления поддерживающей колонны или каждой балки поддерживающей колонны или любого номинального фрагмента несущей системы (единовременно один элемент) для того, чтобы убедиться, что конструктивная система сохраняет устойчивость, и что любое локальное повреждение (разрушение) не превышает установленных граничных значений (рекомендуемое граничное значение не более 15 % или 100 м ² для каждого из перекрытий двух смежных этажей). Если при вынужденном удалении колонны или фрагмента стены локальные повреждения (разрушения) превышают установленные граничные значения, то элементы, подвергавшиеся удалению должны проектироваться как "ключевые" элементы
3	Выполняется систематическая оценка риска для здания, принимаемая для анализа как явные, так и неявные угрозы

Особое расчетное сочетание

При учете особого воздействия A_d

$$E_d = \sum_j (\gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j}) + A_d + \psi_{A,1} \cdot Q_{k,1}$$

Для модифицированной конструктивной системы

$$E_d = \sum_j G_{k,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

Коэффициенты Ψ_A и $T_{\text{от}}$ для переменных нагрузок при расчете классических элементов

Класс надёжности элемента	k_A	Вид нагрузки				$T_{\text{от}}$	
		полезная Q		ветровая W			снеговая S
		$\Psi_{A,Q}$	$\Psi_{A,W}$	$\Psi_{A,S}$			
RC 2	1.0	0.8	0.8	0.7	1.0		
	1.5	0.6	0.6	0.55			
	2.0	0.5	0.5	0.4			
	2.5	0.35	0.4	0.3			
	3.0	0.2	0.3	0.2			
	3.5	0.1	0.2	0.1			
	4.0	0.05	0.15	0.05			
RC 3	1.0	1.0	1.05	1.0	1.05		
	1.5	0.9	0.95	0.85			
	2.0	0.8	0.8	0.7			
	2.5	0.7	0.7	0.6			
	3.0	0.55	0.6	0.5			
	3.5	0.45	0.5	0.4			
	4.0	0.4	0.45	0.35			

Коэффициенты сочетаний Ψ_1, Ψ_2 для переменных нагрузок при расчете модифицированной схемы

Период восстановления T_R	Вид нагрузки					
	полезная Q		ветровая W		снеговая S	
	$\Psi_{1,Q}$	$\Psi_{2,Q}$	$\Psi_{1,W}$	$\Psi_{2,W}$	$\Psi_{1,S}$	$\Psi_{2,S}$
3 месяца	0.9	0.2	0.7	0.2	0.9	0.2
1 месяц	0.9	0.2	0.6	0.2	0.75	0.2
1 день	0.9	0.2	0.3	0.2	0.7	0.2

Схема управления риском

