

УДК 620.1:539

А.А. Пепеляев, Г.Г. Кашеварова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

УЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВЗРЫВА БЫТОВОГО ГАЗА В ЖИЛОМ ЗДАНИИ

Аварии жилых зданий, вызванные взрывами бытового газа, обуславливают развитие методик, направленных на изучение живучести и предотвращение развития коллапсов. Избыточное давление при взрыве зависит от множества факторов, в том числе от наличия открытых проемов – легкобрасываемых конструкций. Разработанная авторами компьютерная технология позволяет это учесть.

Ключевые слова: взрыв бытового газа, дефлаграционный взрыв, избыточное давление, легкобрасываемые конструкции, компьютерная технология.

Последние крупные аварии зданий, произошедшие в результате внутренних взрывов газа, к сожалению, констатируют тот факт, что современное состояние защиты жилых зданий от данных динамических воздействий не позволяет предотвращать не только сами аварии, но и прогрессирующее разрушение зданий после аварий.

В ст. 7 Федерального закона РФ № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» указано: «Строительные конструкции и основание здания или сооружения должны обладать такой прочностью и устойчивостью, чтобы в процессе строительства и эксплуатации не возникало угрозы причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде...». Таким образом, на сегодняшний день подавляющее большинство жилых объектов РФ не соответствует требованиям безопасности, поскольку строительные конструкции зданий не обладают достаточными характеристиками для обеспечения безопасности жизнедеятельности людей.

Также мы можем видеть, что жилые здания (обладающие *нормальным* уровнем ответственности, согласно ФЗ) никак не защищены законом от подобного рода воздействий. В ст. 16 ФЗ указывается: «При проектировании здания или сооружения *повышенного уровня*

ответственности должна быть учтена также аварийная расчетная ситуация, имеющая малую вероятность возникновения и небольшую продолжительность, но являющаяся важной с точки зрения последствий достижения предельных состояний, которые могут возникнуть при этой ситуации (в том числе предельных состояний при ситуации, возникающей в связи со взрывом, столкновением, аварией, пожаром, а также непосредственно после отказа одной из несущих строительных конструкций)»).

Поскольку норм по защите жилых зданий, обладающих юридической силой, не существует, их место занимает огромное количество различных рекомендаций, основанных, преимущественно, на экспериментальных изысканиях.

Взрывы газа в жилых зданиях, от момента начала утечки бытового газа, до разрушения конструкций, вызванного динамическими и температурными воздействиями в результате горения газозвдушной смеси, – сложный процесс, зависящий от множества факторов.

Подобные взрывы, как правило, имеют дефлаграционный характер, для которого необходимо наличие горючего газа или пара и воздуха, перемешанных в такой пропорции, чтобы эта смесь находилась между нижним и верхним концентрационными пределами взрываемости, а процесс взрывного горения является квазистатическим.

Дефлаграционный взрыв – процесс дозвукового горения, при котором образуется быстро перемещающаяся зона (фронт) химических превращений. Передача энергии от зоны реакции в направлении движения фронта происходит за счет теплопередачи, в отличие от детонации, при которой зона превращений распространяется со сверхзвуковой скоростью и передача энергии происходит за счет ударного сжатия.

Избыточное давление при взрыве зависит от множества факторов. Геометрические характеристики помещения, а именно соотношение длины с шириной и высотой, при непропорциональном соотношении (10:1 и больше) могут оказывать значительное влияние на процессы турбулизации горения при взрыве, а следовательно, на величину избыточного давления. Наличие смежных помещений, преград на пути распространения фронта пламени также оказывает влияние на протекание реакции.

Важное значение имеет наличие *легкобрасываемых конструкций*, которые способствуют снижению избыточного давления при взрыве за счет выхода горючей смеси и продуктов горения через вскрытый проем. На сегодняшний день данный способ защиты, нашедший широкое применение в проектировании и строительстве объектов на взрывоопасном производстве, недостаточно полно изучен применительно к жилым объектам строительства. Поэтому и требования к ограждающим конструкциям в жилых зданиях не подлежат нормированию в качестве легкобрасываемых конструкций, тогда как параметры конструкций, в частности остекления, существенно влияют на его сбросные свойства и могут позволить остеклению быть защитным механизмом при взрыве внутри помещений. Экспериментальные величины избыточного давления при различных вариантах заполнения проемов получены, в частности, профессором Г.Г. Орловым [1].

В его работах указывается, что в зависимости от размеров стекол в проеме (толщины, площади, соотношения сторон) и схемы крепления пластин стекла в переплетах (внутреннее, наружное) величина нагрузок, разрушающих стекла, может изменяться от 1,2 до 66 кПа. Стекло разрушается до момента, когда фронт пламени достигает поверхности стекла. Для правильного выбора вариантов остекления в качестве легкобрасываемой конструкции (ЛСК) необходимо условие, чтобы нагрузки, разрушающие стекла, не превышали нагрузки, критичные для строительных конструкций. При применении двойного остекления (а также тройного) оконные переплеты должны устанавливаться с выполнением так называемого ослабленного крепления (например, при помощи болтов с ослабленной шейкой). Показатели взрывной нагрузки для стекол различной площади и толщины сведены Г.Г. Орловым в несколько таблиц (таблица).

Мы утверждаем, что данные конструкции могут являться, но не обязательно являются ЛСК, потому что ограждающие конструкции жилых зданий не проектируются изначально как ЛСК, но, являясь наименее прочными конструкциями, первыми разрушаются при взрыве. В сегодняшней практике повсеместно принято использование двух- и трехкамерных стеклопакетов в качестве заполнения оконных проемов, которые будут являться ЛСК только при некоторых условиях, касающихся технического исполнения переплета и его креплений к стенам, а также величины нагрузки, способной выбить стекла в пакетах.

Исследование влияния взрыва бытового газа на жилые здания является одним из тех случаев, когда физические эксперименты следует заменять компьютерным моделированием. Используя разработанную нами вычислительную технологию, подробно описанную в работах [2, 3], мы можем учесть значительное количество факторов, влияющих на характер протекания аварии, в том числе и реальные характеристики конструкций, которые *могут являться* легкосбрасываемыми в жилых зданиях.

Зависимости геометрических размеров стекла
и разрушающей нагрузки (кПа, в числителе) от наибольшего
прогиба при разрушении (мм, в знаменателе)

Размер стекла, мм	Толщина стекла, мм			
	2	3	4	5
1080×1435	–	$\frac{3,1-2,3}{-34}$	$\frac{3,5-2,6}{-20}$	$\frac{3,8-2,8}{-18}$
550×1435	$\frac{4,6-3,9}{17-14}$	$\frac{5,3-4,5}{14-11}$	$\frac{5,8-4,9}{12-16}$	$\frac{6,2-5,1}{10-7}$
1700×675	–	$\frac{4,4-3,9}{17-14}$	$\frac{4,9-4,3}{16-13}$	$\frac{5,3-4,6}{15-12}$
1100×675	–	$\frac{4,5-4}{16-13}$	$\frac{4,9-4,5}{15-12}$	$\frac{5,2-4,8}{14-12}$
975×625	$\frac{5-4,2}{17-14}$	$\frac{5,8-4,8}{15-12}$	$\frac{6,4-5,3}{13-11}$	$\frac{7-5,8}{12-11}$
1575×625	$\frac{4,4-3,8}{18-15}$	$\frac{5-4,3}{17-14}$	$\frac{5,6-4,75}{15-12}$	$\frac{6-5}{13-11}$
975×650	$\frac{4,8-3,9}{19-15}$	$\frac{5,5-4,4}{16-13}$	$\frac{5,8-4,9}{15-12}$	$\frac{6-5,2}{13-12}$
1575×650	$\frac{4,5-3,7}{20-17}$	$\frac{5-4,2}{18-15}$	$\frac{5,6-4,7}{16-13}$	$\frac{6-5}{14-12}$
975×750	–	$\frac{5-4,09}{17-14}$	$\frac{5-4,5}{16-13}$	$\frac{5,3-4,8}{16-12}$
1575×750	–	$\frac{3,5-2,6}{19-16}$	$\frac{4-3}{17-14}$	$\frac{4,4-3,3}{15-13}$
1575×1175	–	$\frac{1,8-1,4}{-26}$	$\frac{2-1,6}{25-22}$	$\frac{2,1-1,7}{21-18}$
1050×550	–	$\frac{4,6-4,2}{-}$	$\frac{5,8-5,2}{-}$	$\frac{6-5,2}{-}$
1100×1050	–	$\frac{2,5-3}{-}$	$\frac{3,6-4}{-}$	$\frac{4,8-4,2}{-}$
1050×1700	–	$\frac{1,5-2}{-}$	$\frac{2-2,5}{-}$	$\frac{2,8-4}{-}$

Математические модели, используемые в нашей технологии, опираются на классические труды по гидрогазодинамике, работы современных ученых, например [4], и натурные эксперименты [5].

Процесс взрыва моделируется в программном комплексе *FlowVision* (рис. 1), позволяющем решать газодинамические задачи и сопряженные задачи взаимодействия потока с деформируемым телом совместно с конечно-элементными программами, например ANSYS.

Способы учета «сброса проема», реализованные нами в вычислительной технологии, сводятся к изменению граничных условий для плоскости модели, имитирующей окно (рис. 2) на определенном шаге вычисления, т.е. решается последовательность информационно связанных задач.

В проведенных ранее исследованиях [2, 3] не учитывались реальные характеристики заполнения оконных проемов и считалось, что проем либо вскрывается при минимальном, начальном давлении, либо не вскрывается вообще.

Разработанная нами вычислительная технология, подтвержденная натурными экспериментами, позволяет теперь углубить исследования и учесть реальные характеристики ЛСК.

Для этого необходимо знать величину разрушающих нагрузок для применяемых типов остекления и вводить «сброс проема» в расчет на конкретном, определенном этапе при достижении давления в модели величины разрушающей остекление нагрузки.

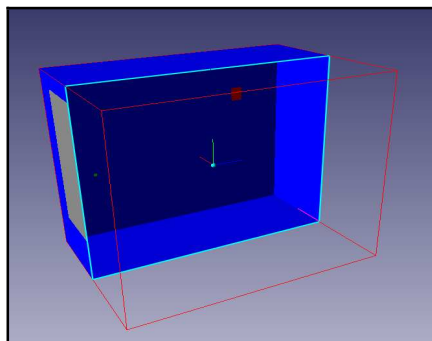
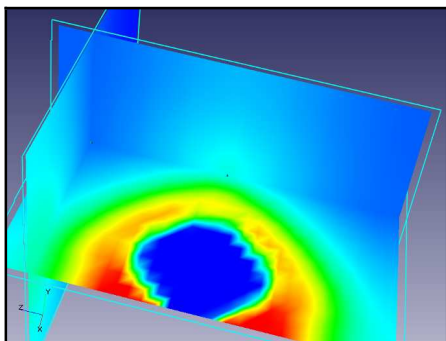


Рис. 1. Взрыв газа в модели FlowVision Рис. 2. Модель помещения в FlowVision

При решении обратной задачи, т.е. при анализе характера нарастания давления в том или ином помещении, можем получать значения разрушающей нагрузки, на которую необходимо рассчитывать остекление жилых зданий, чтобы оно служило в качестве ЛСК. Данная величина нагрузки, как указано в [1], не должна превышать критических значений, при которых происходит разрушение строительных конструкций.

Библиографический список

1. Орлов Г.Г. Легкосбрасываемые конструкции для взрывозащиты промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1987.
2. Пепеляев А.А., Кашеварова Г.Г. Исследование проблемы защиты типовых жилых зданий от прогрессирующего разрушения // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2008. – Vol. 4, Is. 2. – С. 69–70.
3. Пепеляев А.А., Кашеварова Г.Г. Моделирование и ретроспективный анализ взрыва бытового газа в кирпичном здании // Строительная механика и расчет сооружений. – 2010. – № 2 (229). – С. 41–47.
4. Аксенов А.А., Похилко В.И., Тишин А.П. Исследование двухступенчатого сжигания метана в вихревой горелке // Тр. 2-й Рос. нац. конф. по теплообмену, Москва, 26–30 окт. 1998. – Т. 3. – М., 1998.
5. Пепеляев А.А., Кашеварова Г.Г. Верификация методики расчета дефлаграционного взрыва бытового газа // Sworld: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – 2012. – Т. 4, № 1. – С. 55–57.

Получено 2.10.2012

А.А. Pepelyaev, G.G. Kashevarova

GIVEN THE CHARACTERISTICS OF STRUCTURES EASILY DISCHARGED WHEN MODELING DOMESTIC GAS EXPLOSION IN A RESIDENTIAL BUILDING

Accident residential buildings caused by gas explosion, cause the development of techniques to study the viability and to prevent the development of collapse. Excessive pressure in the explosion of a variety of factors, including the availability of open apertures – easily discharged designs. Developed by the authors of computing technology allows it to take into consideration.

Keywords: gas explosion, deflagration explosion, excessive pressure, easily resettable design, computing technology.

Об авторах

Пепеляев Андрей Алексеевич (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, ассистент кафедры «Строительная механика и вычислительные технологии» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: smivt@pstu.ru).

Кашеварова Галина Геннадьевна (Пермь, Россия) – д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой «Строительная механика и вычислительные технологии» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: ggk@pstu.ru).

About the authors

Pepelyaev Andrej Alekseevich (Perm, Russia) – Candidate of Technics, assistant lecturer, Department of Mechanics and computational technologies, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: smivt@pstu.ru).

Kashevarova Galina Gennadyevna (Perm, Russia) – Doctor of Technics, Professor, Head of Department Mechanics and computational technologies, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: ggk@pstu.ru).