**Использование процессов, присущих объемному взрыву в различных областях народного хозяйства.**

И. И. Кулаков, член-корреспондент РАРАН, доктор технических наук,

А. И. Ильиничев, научный сотрудник

**1. Использование объемного взрыва для сноса зданий и сооружений.**

Согласно генеральному плану реконструкции Москвы в течение ближайшего времени должны быть снесены более 2000 панельных домов старой постройки. Аналогичные проблемы стоят перед городскими властями других городов России. В связи с этим возникает необходимость в разработке эффективного метода ускоренного сноса зданий.

Анализ существующих методов разрушения панельных домов показал, что наибольшее распространение имеет метод последовательной разборки, при котором конструкция с помощью башенных кранов и другой строительной техники последовательно разбирается с крыши до нижних этажей.

Недостатками данного метода являются большие сроки выполнения работ (3 ? 4 месяца), опасность проведения высотных работ в условиях нарушения конструкционной целостности строения, особенно в зимнее время, использование дорогостоящей техники и ручного труда, необходимость проведения газосварочных работ в закрытых помещениях, что связано с попаданием в атмосферу вредных газов, высокая стоимость работ.

Очень часто, особенно при разрушении старых построек в центральной части города, используется метод простого механического разрушения домов с использованием копров, экскаваторов, а в последнее время и с помощью специальных манипуляторов. К сожалению, применение такого метода затруднено при разрушении зданий высотой более 20 м, а также имеющих жесткий каркас (панельные дома). Однако данный метод может быть усовершенствован за счет применения технологии ?стягивающейся петли¦. При этом здание охватывается петлей из особо прочных тросов, которые затем с помощью трех-четырех бульдозеров (в зависимости от прочности панелей) затягиваются, что приводит к разрушению конструкций и обрушению здания.

На базе последних достижений физики взрыва разработана и применяется на практике новая технология разрушения зданий с помощью объемного (вакуумного) взрыва. Сущность данного метода состоит в специально организованном процессе, включающем:

? разрушение несущих конструкций дома взрывом, при этом обеспечивается дробление панелей и других элементов на части;

? уборку и вывоз остатков здания, переработку их на дробильно-сортировочном комплексе (до 800 т железобетонных обломков за смену);

? использование конечного продукта в дорожном строительстве и производстве стеновых материалов.

Строительные конструкции довольно трудно поддаются быстрому разрушению вследствие их армирования, упругости и других факторов. В связи с этим для их разрушения традиционными взрывными методами требуются большие материальные и людские затраты, большое количество взрывчатых веществ и различных технических средств. Кроме того, использование большого количества конденсированных взрывчатых веществ (КВВ) часто неприменимо в условиях плотной застройки зданий и сооружений, особенно в городах.

Разработанная на предприятиях военно-промышленного комплекса технология существенно более экономична и в техническом плане основана на ?мягком¦ внутреннем нагружении строительных конструкций.

Практика показывает, что при разрушении строительных конструкций типа железобетонных панелей с помощью традиционных КВВ до приемлемой степени дробления (размер осколков не более 50 см) дельный расход КВВ составляет 0,5?1,0 кг/м3. При этом масса заряда КВВ в шпуре определяется по формуле:

Q = a H W C (1)

где Q ? масса заряда в шпуре, кг; а ? расстояние между зарядами, м; W?величина сопротивления по подошве, м; H ? высота уступа, м; C?удельный расход КВВ, кг /м3.

При разрушении панелей толщиной 0,25 м и расстоянием между зарядами в ряду 0,32 м масса заряда в шпуре составит 0,05 кг.

При размере секции панельного дома в плане 16,0 х 10,1 м и высоте этажа 2,7 м общее количество шпуров может достигать 1700 при массе КВВ на одну секцию до 40 кг.

При производстве взрывных работ опасность для людей и окружающих объектов будут представлять сейсмические и ударные волны, а также разлет кусков бетона и кирпича и падение конструкций на грунт.

Проведенный анализ показывает, что наибольшее ограничение на массу взрываемых зарядов накладывает действие ударных воздушных волн (УВВ), образующихся при взрыве.

Наиболее слабым конструктивным элементом сооружений является остекление. Радиус опасной зоны действия УВВ на остекление можно определить по формуле:

 (2)

где rв ? радиус опасной зоны, м; Ку ? коэффициент укрытия; Кt?коэффициент замедления (в близкой зоне при взрывании с замедлением 20 мс равен 1,3);

Qв ? масса эквивалентного заряда одной группы, кг. При взрыве шпуровых зарядов

Qв = 0,25QКз + Qдш

где Q ? фактическая масса шпуровых зарядов одной группы, кг; Кз ? коэффициент забойки; Qдш ? масса ВВ в магистрали ДШ одной группы, кг.

При расположении зарядов внутри здания и их распределения по объему коэффициент укрытия составит

Ку = 0,5

При расположении соседнего здания на расстоянии 30 м эквивалентная допустимая масса ВВ составит только 0,81 кг. Эквивалентная масса ВВ одного шпура составляет 0,01 кг (Q = 0,05, длина забойки 0,1 м и Кз = 0,37, длина магистрали ДШ на один шпур lдш= 0,35 м). Следовательно, допускается подрыв одновременно только 81 шпура общей эквивалентной массой ВВ 4 кг. Это приводит к необходимости разнесенных по времени подрывов, что значительно усложняет схему подрыва и часто делает применение взрывного метода вообще неприемлемым.

Применение для разрушения конструкций здания зарядов ОДС (объемно-детонирующие системы) позволяет существенно снизить количество необходимых взрывчатых веществ.

Известно, что по работоспособности ОДС в 3? 4 раза превышает КВВ, а в случае замкнутого объема ? до 10 раз. Наилучшие результаты могут быть получены при сочетании применения ОДС и КВВ. При помощи подрывов зарядов КВВ производится нарушение целостности конструкции, а основная работа по обрушению здания выполняется с помощью подрыва заряда ОДС.

Расчеты показывают, что для разрушения секции панельного дома, имеющей размеры в плане 16,0 х 10,1 м и высоту этажа 2,7 м, потребуется не более 0,5 кг такой горючей композиции ОДС, как аэрозин. При этом количество необходимого для разрушения одной секции КВВ снижается до 2?3 кг (против 40 кг КВВ при традиционном способе). Таким образом, становится возможным применение взрывного метода даже в условиях очень плотной застройки.

Рис.1

Практика показала, что мягкое внутреннее нагружение разрушаемого здания не приводит к какому-либо повреждению соседних сооружений, даже находящихся в непосредственной близости. Присутствующий при объемном взрыве эффект вакуумирования препятствует разлету элементов и панелей здания, поэтому обломки здания занимают его первоначальную площадь (рис. 1).

При реализации предлагаемого (взрывного) метода бригада из пяти взрывников обеспечивает разрушение пятиэтажного панельного дома в течение 7?10 дней. Вывоз разрушенных конструкций осуществляется в течение 14?21 дней (всего 21?31 день). После сноса здания заказчику передается площадка, полностью готовая к строительству нового жилья. Срок выполнения всего комплекса работ 25? 31 день. При наличии нескольких домов, расположенных рядом, общий срок выполнения работ сохраняется.

При использовании дробильно-сортировочного комплекса выручка от реализации вторичных строительных материалов, а также экономия от сокращения объема перевозок и отсутствия платы за содержание свалки составит 0,2?0,5 млн. руб. в зависимости от качества получаемых материалов, расстояния до свалки и ряда других факторов.

Таким образом, впервые предлагается программа работ по ускоренной разборке и полной переработке конструкций дома с дальнейшим использованием конечного продукта в дорожном строительстве и производстве стеновых материалов.

**2. Применение объемного взрыва для снижения грозовой активности.**

Грозы относятся к числу весьма сложных и опасных явлений природы, от которых зависит регулярность работы многих отраслей народного хозяйства ? воздушного транспорта, энергетики, лесного хозяйства и др. К сожалению, технический прогресс в этих отраслях практически не уменьшает их зависимости от грозовых процессов, поэтому подавление интенсивных грозовых явлений ? чрезвычайно актуальная задача.

Отказы в работе самолетных радионавигационных систем из-за поражения молнией, а иногда и более существенные повреждения летательных аппаратов, особенно опасные при посадке, являются одной из серьезных причин, заставляющих самолеты уходить на запасные аэродромы, если они еще в состоянии это сделать. Известно достаточно много тяжелых аварий, причиной которых были молнии. Статистический анализ показывает, что в среднем на 2500 летных часов поршневых самолетов или на 10000 часов реактивных приходится один случай попадания молний.

Другая, не меньшая опасность ? поражение молнией наземных объектов. Так, например, только в западных штатах США ежегодно из-за молний возникает около 10000 лесных пожаров, в том числе около 400 приносят огромный ущерб.

Крупные линии электропередачи и электротехнические системы обычно оборудуются грозозащитной, но, тем не менее, во время сильных гроз и они нередко оказываются выведенными из строя.

Для более отчетливого понимания сложности данной проблемы кратко остановимся на основных современных взглядах на грозовые явления.

Грозовое облако состоит из одной или нескольких ячеек [1], которые являются центрами конвективной, осадкообразующей и электрической активности. Горизонтальные размеры ячеек могут изменяться от 1 до 10 км. Высота грозового облака превышает 6?7 км и может достигать 14?18 км.

Электрическое строение типичного грозового облака биполярно ? основной положительный и отрицательный заряды располагаются в верхней и нижней частях облака соответственно. Вблизи основания облака под отрицательным зарядом обычно располагается дополнительный положительный заряд. В зависимости от условий (в частности, от широты местности) возможны различные значения верхнего положительного и нижнего отрицательного зарядов.

Электрическое поле в облаках обусловлено распределением объемных зарядов, создаваемых всеми носителями зарядов в данном облаке. В грозовых облаках происходит весьма быстрое накопление больших объемных зарядов. Средняя плотность объемного заряда может составлять порядка (0,3?3)-10-8 Кл/м3, а средняя скорость накопления зарядов (0,1?10) • Ю-9 Кл/(м3 • с). Области с максимальной плотностью зарядов имеют размеры порядка нескольких сотен метров. В таких локальных объемах облака создаются условия, благоприятные для инициирования молний. По современным представлениям наиболее часто встречаются объемы с максимальной плотностью зарядов (зоны неоднородности) размером 200?400 м.

Электрическая активность гроз, выраженная частотой разрядов молний, изменяется в широких пределах ? от одного до нескольких десятков разрядов в минуту. Молниевая активность гроз зависит от размеров и количества грозовых ячеек.

Принципиально возможны следующие основные пути подавления грозовых явлений. Могут быть предприняты меры к тому, чтобы развивающееся грозовое облако ?разрядить¦ на землю до подхода к охраняемому объекту, заставив разряд пройти по искусственно созданному пути, либо создать условия для ?короткого замыкания¦ внутри облака, либо подать в облако заряд, нейтрализующий естественно образующийся, либо попытаться разрушить облако, либо, наконец, воздействуя на его химический состав, воспрепятствовать развитию в нем электрических явлений.

Искусственно вызванный разряд облака на землю реализовывался практически неоднократно [2]. Известны опыты, когда в результате глубинных взрывов в море, поднимавших фонтаны воды на высоту около 70 метров под грозовым облаком, происходили разряды облаков в море. Также практически были проведены разряды грозовых облаков на поверхность земли (моря) с помощью проволоки, которая доставлялась к облаку ракетой. Обычно разряд происходил, когда ракета поднималась на высоту порядка 100 м. Этого оказывалось достаточным, чтобы разрядить на землю грозовое облако с высотой нижней границы около километра. Были также попытки использовать в целях создания канала для молнии пучок протонов, полученных на синхротроне, а также с помощью лазеров. Основными недостатками указанных методов являются ряд чисто технических трудностей.

Имелись проекты рассеивания в облаках металлических или металлизированных пластинок и нитей, играющих роль проводников короткого замыкания и одновременно микроразрядников, на которых вследствие наличия в облаке собственного электрического поля создается падение потенциала, достаточное для коронного разряда, ослабляющего электрическое поле облака. И лишь только технические и организационные трудности при осуществлении подобных опытов заставили усомниться в их практической целесообразности.

Опыты по засеву облаков кристаллизующими реагентами с целью изменения их электрического состояния показали, что при соответствующих условиях можно вызвать интенсивную электризацию облака, и один из путей управления электрическим состоянием грозовых облаков связан с управлением процессом кристаллизации. Но результаты подобных воздействий пока недостаточно определены.

В данной работе для снижения грозовой активности предлагается использовать эффект объемного взрыва в зоне грозовых облаков. Для более полного понимания явлений, протекающих в грозовом облаке при подрыве в нем заряда объемно-детонирующей смеси (ОДС), кратко остановимся на физических особенностях процессов внутри зоны взрыва ОДС.

Облако продуктов взрыва ОДС представляет собой объем вещества, нагретого до температуры 3000?4000 К. При таких температурах начинается ионизация атомов и молекул, входящих в состав облака. Объем газа, разогретого до таких температур, принято называть холодной (низкотемпературной) плазмой, поскольку в этом случае энергия, приходящаяся на один электрон, много меньше энергии связи ядра в атоме. Практически мгновенное изменение температуры приводит к тому, что в плазме происходит перераспределение электрического заряда в области продуктов взрыва как в пространстве, так и во времени. Это связано с величиной концентрации свободных электронов в плазме, образующихся в ходе термической ионизации.

Теория термической ионизации Саха дает для воздуха с температурой 30000 К величину концентрации электронов N = 1014 1/м3 (при давлении 1 кгс/см2). Однако эта теория предполагает, что плазма равновесна. Наличие неравновесности может привести к перераспределению пространственного заряда. Теории, по которой можно было бы рассчитать величину концентрации электронов в неравновесной плазме, в настоящее время не существует. Поэтому для определения величины концентрации электронов в плазменном объеме, образующемся при подрыве зарядов на основе ОДС, был использован метод, основанный на применении экспериментально измеренной величины коэффициента затухания электромагнитной волны, прошедшей сквозь плазму.

На рис. 2 приведены графики зависимостей концентрации электронов для различных температур для облака толщиной 10 м. Кривая 7 рассчитана по формуле Саха для ионизации воздуха при 1 кгс/см2. Кривая 3 получена на основании методик [3, 4]. Кривая 2 построена на основании экспериментальных работ. Из приведенных результатов можно сделать вывод, что концентрация свободных электронов в плазменном облаке, образующемся при взрыве ОДС, составляет величину не менее 1017 1/м3, и может быть с удовлетворительной степенью точности определена теоретически по уравнениям Саха и методикам [3, 4].

Из сказанного выше ясно, что появление в грозовой ячейке плазмы с такой концентрацией свободных электронов создает благоприятные условия для снятия электрического разряда в данной зоне облачности, а следовательно для снижения грозовой опасности.

Практически этот метод реализован с использованием ракеты ?Облако¦. Заряд ОДС массой 2,8 кг размещается в головной части ракеты. С помощью локатора МРЛ-5 определяется очаг грозовой опасности в облачных скоплениях и его координаты. В это место производится пуск ракеты и осуществляется подрыв головной части с помощью дистанционного временного устройства (пиротехнического типа).

 2600 2800 3000 Т, К

Рис. 2. Зависимость концентрации N свободных электронов от температуры Т

Рис. 3. Экспериментальная осредненная зависимость изменения числа n вспышек молнии в минуту от времени при использовании пяти ракет ?Облако¦ с ОДС.

Экспериментальные работы показали, что для подавления грозовой активности' облака средних размеров требуется порядка 5?6 подрывов в нем зарядов ОДС в составе ракеты ?Облако¦. Регистратор грозовой активности показывает, что при этом число вспышек молний в единицу времени снижается не менее, чем в 4?5 раз. На рис. 3 в качестве примера представлена экспериментальная осредненная зависимость изменения числа вспышек молний в минуту по времени при применении ракет ?Облако¦ с зарядами ОДС. Она показывает, что грозовая активность подавляется на период до 30?35 мин. (в ряде случаев до 55 мин.), после чего облако восстанавливает первоначальную величину частости молниевых разрядов в единицу времени.

Положительными сторонами данного метода являются также его безопасность для обслуживающего персонала (особенно по сравнению с использованием авиации), практическая возможность применения в любых условиях, например, в горных регионах, и относительная дешевизна.

**Список литературы**

1. Зимин Б. И. Регулирование развития грозовой активности конвективных облаков при воздействии льдообразующими аэрозолями. / Труды ЦАО. Вып. 136. М.: Гидрометеоиздат, 1978. С. 106.

2. Качурин Л. Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. Л.; Гидрометиоиздат, 1973. 366 с.

3. Бонд Дж., Уотсон К., Уэлч Дж. Физическая теория газовой динамики. Пер. с анг. М.: Мир, 1968. 556 с.

4. Кузнецов Н. М. Термодинамические функции и ударные адиабаты воздуха при высоких температурах. М.: Машиностроение, 1965. 464 с.

5. Кулаков И.И., Рогов Н.К., Ильиничев А.И. Технология ?мягкого¦ взрыва для разрушения строительных конструкций. Конверсия в машиностроении. 1996. ¦1

6. Кулаков И.И., Ильиничев А.И. Новый метод сноса зданий и сооружений с помощью объемного взрыва. Конверсия в машиностроении. 1996. ¦6

7. Кулаков И.И., Волков Ю.В., Тараскин А.В. Применение объемного взрыва для рассеяния туманов. Конверсия в машиностроении. 1997. ¦2

8. Кулаков И.И., Рогов Н.К., Ильиничев А.И. Защита гидросооружений от воздействия льда с помощью подледных газовых зарядов. Конверсия в машиностроении. 1996. ¦6

9. Кулаков И.И., Волков Ю.В., Тараскин А.В. Применение объемного взрыва для снижения грозовой активности. Конверсия в машиностроении. 1998. ¦3