

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ КАК ЭЛЕМЕНТЫ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕСТУПЛЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ СО ВЗРЫВАМИ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Александр Нинельевич Матюшенков

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Российская Федерация

E-mail: aleksam_1962@mail.ru

В статье рассматриваются: основные термины и понятия явлений взрывов топливно-воздушных смесей, их физико-химические свойства и классификационные характеристики, определено их значение в качестве структурного элемента криминалистической характеристики преступлений, связанных с криминальными взрывами и взрывами бытового газа, приведены статистические данные этих происшествий в России за последние 20 лет.

Ключевые слова: взрыв, топливно-воздушная смесь (ТВС), объемный взрыв, аэровзвесь, аэрогель, аэрозоль, газо- и пылевоздушная смеси.

BASIC TERMS AND CONCEPTS OF PHYSICAL-CHEMICAL THERMODYNAMIC PHENOMENA AS THE ELEMENTS OF CRIMINALISTIC CHARACTERISTICS OF CRIMES CONNECTED WITH EXPLOSIONS OF FUEL-AIR MIXTURES

Alexander Matyushenkov

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russian Federation

E-mail: aleksam_1962@mail.ru

The article discusses the basic terms and concepts of the phenomena of explosions of fuel-air mixtures and their physico-chemical properties and classification characteristics. The statistical data of these incidents in Russia over the last 20 years. The conclusion about the importance of physico-chemical thermodynamic phenomena as the structural element of criminalistic characteristics of crimes related to criminal explosions and explosions of household gas.

Keywords: the explosion, fuel-air mixture, volumetric explosion, aerowaves, aerogel, the gas-air mixture, dusty mixture.

Статистика взрывов в России очень важна для государства. Она позволяет отслеживать, сколько и по каким причинам происходит в стране подобных трагедий. Благодаря этим подсчетам можно выяснить, насколько эффективна проводимая профилактика взрывов в России, и разработать новые способы предотвращения, усовершенствовать методики расследования данных преступлений, случившихся как по неосторожности или халатности или по злему умыслу. Здесь можно выделить террористические акты, неосторожное обращение с газом, аварии

на предприятиях промышленного комплекса и инциденты на химическом производстве, аварии на шахтах. Как свидетельствуют средства массовой информации, всего за последние 20 лет в России осуществлено 43 теракта, при этом погибло более 1,5 тысячи человек. Однако взрывы бытового газа остаются по-прежнему весьма актуальной проблемой, ибо только за последние пять лет погибло около 350 человек¹.

¹ Статистика взрывов в России. – <http://vawilon.ru/statistika-vzryvov-v-rossii> (дата обращения 19 ноября 2017).

В отличие от взрывов конденсированных взрывчатых веществ, применяемых в большинстве случаев террористами, подавляющее количество происшествий связано с объемными взрывами взрывоопасных смесей (взрывы бытового газа, аварии на предприятиях и шахтах). Имеющаяся терминология и понятия явлений таких взрывов не имеют строгой классификации, исходя из разнообразия естественнонаучных знаний, относящихся к разным отраслям науки и техники. Даже несмотря на то, что основой успешного раскрытия преступлений являются качественные, полные взрыво- и пожарнотехнические судебные экспертизы.

Попробуем составить минимальный терминологический минимум физических и химических явлений взрывов, называемых ударно-волновыми и детонационными явлениями, используемый в качестве криминалистической характеристики расследуемых событий.

Итак, ударно-волновые и детонационные физико-химические явления, объединенные совокупностью теоретических основ, экспериментальных и расчетных методов изучения термодинамических процессов, составляющими основу судебных экспертиз, в ряде случаев становятся объектом изучения событий, связанных с расследованием уголовных дел по делам о взрывах топливно-воздушных смесей. Основными целями исследования будут являться прогнозируемость действия взрыва, высокоскоростных газоплазменных потоков, лазерных и других интенсивных импульсных воздействий на материалы, конструкции и иные предметы окружающей обстановки, относящиеся к месту происшествия.

В традиционном понимании взрыв определяется как мгновенное выделение значительного количества энергии в ограниченном объеме. При этом в окружающем пространстве взрывные газы интенсивно распространяются во все стороны и образуют зону сжатого и разогретого воздуха, именуемую зоной или волной сжатия, давление в которой при взрывах химических веществ может достигать более 100 тыс. кг/см³, температура – десятков тысяч градусов, а при ядерном взрыве – сотен тысяч кг/см³ и десятков миллионов градусов.

Повреждения, вызванные взрывом, делятся на несколько видов:

первичные (или непосредственные) – возникают от непосредственного воздействия ударной волны и обусловлены избыточным давлением в ней;

вторичные – возникают в результате воздействия осколков, летящих от находившихся в зоне взрыва разрушенных объектов и предметов окружающей обстановки;

третичные – возникают от ударов тела человека о грунт и другие преграды, встречающиеся на пути разлета;

иные – например, акустическая травма, отравление недоокисленными продуктами взрывчатых веществ – угарным газом, окислами азота, метаном, цианистыми соединениями, сероводородом, ядовитыми продуктами производства (при взрывах на промышленных предприятиях), ожоги раскаленными газами и воздухом и др.

Иными словами, взрыв – это освобождение большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени, происходящее за счет освобождения химической энергии (главным образом, взрывчатых веществ), внутриядерной энергии (ядерный взрыв), электромагнитной энергии (искровой разряд, лазерная искра и др.), механической энергии, например при падении метеоритов на поверхность Земли, извержении вулканов и др. [1, с. 200].

В ряде изданий имеются и другие определения взрывного процесса. Так, согласно нормативным документам, взрыв определяется следующим образом:

во-первых, это процесс скоротечного высвобождения потенциальной энергии, связанный с внезапным изменением состояния вещества и сопровождающийся скачком давления или ударной волной;

во-вторых, это кратковременное высвобождение внутренней энергии, создающее избыточное давление; взрыв может происходить с горением (процессом окисления) или без него².

Правила по взрывобезопасности ПБ 09-540-03 указывают еще две разновидности взрывов:

взрыв парогазовой смеси, при котором скорость распространения горения определяется скоростью распространения ударной волны (детонационный взрыв);

взрыв парогазовой смеси, при котором скорость распространения горения определяется теплопроводностью среды (т. н. дефлаграционный взрыв); понятие «дефлаграция» происходит от латинского «deflagration» (сгорание дотла), то есть выгорание взрывчатого вещества.

² Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: ПБ 09-540-03 : утв. постановлением Госгортехнадзора России от 5 мая 2003 г. № 29 // Российская газета. – 2003. – № 120. – 21 июня.

Надо напомнить, что целый ряд топлив, в основном углеводородов (ацетилен, бутан, метан, пропан, этан, этилен и др.), в газообразном состоянии образуют топливоздушные смеси (здесь и далее по тексту – ТВС), обладающие большой пожаровзрывоопасностью. Традиционно считается, что при взрыве ТВС выделяется энергия на единицу массы собственно топлива (декан, керосин, пропиленоксид и т. п.) больше, чем при взрыве обычных взрывчатых веществ (например, тринитротолуола). А радиус действия ударной волны в 2,5 раза превышает такой же показатель для тринитротолуола.

Топливоздушными смесями называются смеси с воздухом горючих газов или паров топлива, а также взвеси мелких жидких капель или твердых частиц горючих материалов. В первом случае ТВС по составу являются газовыми, во втором – гетерогенными [2, с. 36].

Вероятно, обобщенный термин «ТВС» стал применяться в научной и технической литературе после опубликования соответствующей методики, позволяющей провести приближенную оценку различных параметров объемных взрывов³. Использование схожих понятий («взрывоопасная смесь», «горючая смесь», «парогазовая смесь» и др.) как до появления данной методики, так и по настоящее время в ряде случаев достаточно оправданно, однако вносит путаницу в ряд расчетов расследуемых взрывов, применяемых в ходе расследования уголовных дел.

В упомянутых нами Правилах по взрывобезопасности для взрывопожароопасных производств по установлению требований, направленных на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма на опасных производственных объектах химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности, а также на других опасных производственных объектах, где происходит обращение ТВС, последние называются веществами, которые образуют «паро-, газо- и пылевоздушные взрывопожароопасные смеси»⁴. В данном документе происходит незаметный переход от использования этих понятий при изложении текста

³ Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей : РД 03-409-01 (с изм. и доп.) : разработана науч.-техн. центром по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России (НТЦ «Промышленная безопасность») совместно со специалистами ин-та хим. физики Рос. акад. наук : утв. и введена в действие постановлением Госгортехнадзора России от 26 июня 2001 г. № 25.

⁴ Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: ПБ 09-540-03...

к понятиям-синонимам «парогазовых сред», «парогазовых смесей», «парогазовых фаз», «парогазовых состояний», «парогазовых состояний среды», «парогазовых облаков»⁵.

Как показывает практика расследования и раскрытия преступлений по фактам взрывов ТВС, в подавляющем большинстве случаев горючим компонентом в смесях являются либо широко применяемые в быту и народном хозяйстве газы (метан, этан, пропан, изобутан, бутан, ацетилен, природный газ), либо пары легко летучих горючих жидкостей (бензин, керосин, ацетон и т. п.). Молекулы перечисленных веществ состоят из атомов углерода и водорода, то есть это углеводородные горючие.

Объемные взрывы природного газа происходят довольно часто. Как правило, это приводит к серьезным последствиям и человеческим жертвам.

Как было уже сказано, основным горючим компонентом природного газа является метан (т. н. один из углеводородов, из-за которых зависит благосостояние отдельных государств). Содержание его в природном газе может быть до 98%. Кроме метана в состав природного газа входят этан, пропан, бутан. К негорючим компонентам относятся: азот, углекислый газ, кислород, пары воды. Метан в смеси с воздухом в 5-15% случаев становится взрывоопасным, то есть при внесении огня в ТВС, она воспламеняется и мгновенно выделяет большое количество тепла. Давление при этом увеличивается на порядок. В условиях помещений, когда область горения окружена достаточно герметичной оболочкой (стены, застекленные окна, закрытые двери и т. д.), расширяться воздуху некуда, и происходит взрыв, характер разрушений от которого зависит от его давления.

Так, по данным МЧС России, при давлении в 5-8 кПа происходит разрушение остекления оконных проемов помещений (для многоэтажных строений – это кухни), где «накопилась» ТВС, при давлении в 8-15 кПа появляются трещины в кирпичных и бетонных стенах, при 15-30 кПа происходят разрушения стен и обрушение перекрытий между этажами, а при более 30 кПа элементы ограждающих конструкций отбрасываются на значительные расстояния [3, с. 41].

Случившийся 9 ноября 2017 г. взрыв ТВС в жилом доме № 261 по ул. Удмуртской г. Ижевска, унесший жизни 9 человек, наглядно это подтверждает и относится к череде схожих

⁵ Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: ПБ 09-540-03...

печальных происшествий, данные о которых постоянно освещаются отечественными средствами массовой информации⁶.

К наиболее разрушительным катастрофам прошлого столетия, источниками которых являлись взрывы ТВС, можно отнести следующие:

10 марта 1906 г., Франция – страшная катастрофа начала века в Европе, от взрыва на руднике «Курьере», погибли 1060 человек;

6 декабря 1917 г., Канада – самый страшный в мировой истории случайный взрыв в гавани Галифакса, жертв – 1654 человека;

12 февраля 1931 г., Китай – взрыв на шахте в Маньчжурии, погибли более 3 тысяч человек;

25 апреля 1942 г., Китай – взорвалась угольная шахта «Хонкейко» в Маньчжурии, 1549 погибших;

29 ноября 1949 г., Германия (ГДР) – урановый рудник в Йоханн-Георгендштадте, по приблизительным данным погибли не менее 3,5 тысяч человек;

2 ноября 1982 г., Афганистан – взрыв в туннеле Саланг, погибли от 1 до 3 тысяч человек;

26 апреля 1986 г., СССР (Украина) – техногенная катастрофа на атомной станции в Чернобыле, число пострадавших до сих пор уточняется;

3 июня 1989 г., СССР (Башкирия, Иглинский район) – крупнейшая в истории России и СССР железнодорожная катастрофа: при встречном прохождении двух пассажирских поездов № 211 «Новосибирск-Адлер» и № 212 «Адлер-Новосибирск» от взрыва облака газовой смеси, образовавшегося в результате аварии на проходящем рядом трубопроводе «Сибирь-Урал-Поволжье», по разным данным погибло от 575 до 650 человек;

12 августа 2000 г., Россия – гибель АПЛ «Курск» от взрыва, возникшего от утечки и воспламенения окислителя из неисправной перекисно-водородной торпеды с последующей детонацией боеголовок остальных боевых торпедных аппаратов; более 110 погибших.

Рассматривая научно-исторический аспект изучения явлений взрыва ТВС, следует упомянуть о том, что исследование процессов горения ТВС было начато русским ученым В.А. Михельсоном, который в 1889 г. впервые рассмотрел два предельных случая распространения пламени при нормальном (или медленном) горении и при детонации. В дальнейшем целая группа российских (советских) и зарубежных ученых посвятили

свои труды теоретическим обоснованиям многих явлений, сопровождающих процесс горения и распространения пламени в газовых смесях с целью определения безопасных скоростей газоздушных потоков в вентиляционных, рекуперационных, аспирационных трубопроводах и в других установках, по которым транспортируются ТВС. В результате была создана теория воспламенения взрывоопасных смесей [4; 5].

В 1942 г. советский астрофизик Я.Б. Зельдович сформулировал положения теории горения и детонации газов, которая могла дать ответ на основные вопросы: будет ли смесь данного состава горючей, какова будет скорость горения ТВС, каких особенностей и форм пламени следует ожидать [6]. Теория утверждает, что взрыв ТВС явление не мгновенное. При внесении источника зажигания в горючую смесь начинается реакция окисления горючего с окислителем в зоне действия источника зажигания, а как только скорость реакции окисления в каком-то элементарном объеме этой зоны достигает максимума, то возникает горение.

Горение на границе элементарного объема со средой называется фронтом пламени, который имеет вид сферы. Толщина фронта пламени составляет 1-100 мкм. Хотя толщина зоны горения и невелика, однако достаточна для протекания реакции горения. Температура фронта пламени за счет тепла реакции горения составляет 1000-3000°C и зависит от состава горючей смеси.

В условиях химической переработки различных продуктов могут образовываться любые смеси горючего газа или пара с воздухом. Особенно часто с этим приходится сталкиваться в цехах получения водорода, на ацетиленовых станциях, в цехах стержневой полимеризации синтетического каучука, на складах баллонов с горючими газами и др. Концентрация горючего в рассматриваемых смесях может изменяться от долей процента почти до 100%. Однако не при всех концентрациях смесь является взрыво- или пожароопасной. Та наименьшая концентрация горючих паров газов или пылей в смеси с воздухом, при которой смесь уже может воспламениться от источника зажигания, и пламя распространяется на весь объем ТВС, называется нижним концентрационным пределом воспламенения (НКПВ). Недостаток воздуха в смесях, богатых горючим, ведет к тому, что смесь может терять способность воспламеняться. Для различных смесей концентрация горючего, при которой смесь уже не способна воспламеняться, не одинакова.

⁶ Месть соседям, обвинение в убийстве, арест. Что известно о взрыве газа в доме в Ижевске. – <https://news.tut.by/world/568357.html> (дата обращения 11 ноября 2017 г.).

Та наибольшая концентрация горючих паров, газов или пылей в смеси с воздухом, при которой смесь еще способна воспламениться от источника зажигания с распространением пламени на весь ее объем, называется верхним концентрационным пределом воспламенения (ВКПВ). Он характеризуется избытком горючего и малым количеством воздуха. При воспламенении такой ТВС часть тепла химической реакции расходуется на нагрев не участвующего в реакции горючего, поэтому продукты горения нагреваются не до максимальной температуры; давление при взрыве составляет 0,3-0,4 МПа.

Нередко при расследовании уголовных дел по делам об объемных взрывах приходится рассматривать ситуации, связанные со взрывоопасными жидкостями. Процесс их горения начинается с воспламенения паров. Однако не все жидкости при обычных условиях имеют над своей поверхностью их достаточную концентрацию и такую скорость парообразования, чтобы после воспламенения установился процесс горения. Стационарный процесс горения устанавливается только при определенной температуре жидкости, однако при более низких температурах жидкости уже могут представлять пожарную опасность, так как над поверхностью их может создаваться взрывоопасная концентрация паров. Горение жидкостей характеризуется двумя взаимосвязанными явлениями – испарением и сгоранием ТВС над ее поверхностью.

Температура жидкости, при которой над поверхностью создается концентрация насыщенного пара, равная НКПВ, называется нижним температурным пределом воспламенения (НТПВ). И аналогично: температура жидкости, при которой над поверхностью создается концентрация насыщенного пара, равная ВКПВ, называется верхним температурным пределом воспламенения (ВТПВ). Например, для ацетона температурные пределы равны: НТПВ – 253 К, ВТПВ – 279 К. При этих температурах образуются концентрации паров соответственно 2,6 и 12,6 %.

Еще один параметр для жидкости носит название температура вспышки. Это самая низкая температура (в условиях специальных испытаний) вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость образования еще недостаточна для последующего горения.

Кроме этого, многие технологические процессы, связанные с получением или переработкой пылевидных материалов, являются пожаро- и взрывоопасными. Взрывы про-

мышленных пылей представляют наибольшую опасность.

Теоретически, пыль – это дисперсная система, состоящая из газообразной дисперсионной среды и твердой дисперсной фазы. Пыли по общей классификации коллоидно-дисперсных систем относятся к аэрозолям, в которых дисперсионной средой является воздух, а дисперсной фазой – твердое вещество в раздробленном состоянии (с частицами размером менее 100 мкм).

Пыль может образовываться при механическом измельчении твердых тел, а также при получении порошкообразных и пылеобразных веществ методами кристаллизации и сублимации; может находиться в осевшем и во взвешенном состоянии. Осевшая пыль называется аэрогелем (так называемая пыль-гель). Пыль, находящаяся во взвешенном в воздухе состоянии, называется аэровзвесью (т. н. пыль-аэрозоль). Аэрогели и аэровзвеси являются гетерогенными системами. Однако аэровзвеси по своим свойствам занимают промежуточное место между аэрогелями и гомогенными газо- и пылевоздушными смесями (здесь и далее по тексту – ГВС и ПВС). Аэровзвеси сходны с аэрогелями тем, что обе эти системы являются гетерогенными, дисперсными системами с одинаковой твердой фазой и поведение их определяется физико-химическими свойствами твердой фазы. С ГВС и ПВС аэровзвеси сходны тем, что горение большинства из них протекает в виде взрыва, поэтому аэровзвеси, как и ГВС, характеризуются многими однотипными параметрами. Горение аэрогелей протекает аналогично горению твердых веществ, поэтому аэровзвеси более пожаро- и взрывоопасны, чем аэрогели.

Из свойств аэровзвесей наиболее важными являются: дисперсность; химическая активность; адсорбционная способность; склонность к электризации. Степень дисперсности оказывает влияние на все другие свойства пыли. С увеличением степени дисперсности повышается химическая активность пыли, ее адсорбционная способность и склонность к электризации, но понижается ТСВ и величина НКПВ.

Анализ понятий и признаков отдельных физических и химических терминологических явлений позволяет сделать следующие выводы:

1. Взрывы ТВС (паро-, газо-, пылевоздушных и иных взрывоопасных смесей) как способы совершения противоправных деяний, занимают не последнее место в структуре криминалистической характеристики пре-

ступлений, связанных с актами терроризма, нарушениями требований пожарной безопасности, незаконном обороте взрывчатых материалов и иных противоправных деяний.

2. Применяемая терминология и понятийный аппарат исследуемых объемных взрывов весьма разнообразна, исходя из многообразия изучаемых явлений, относящихся к различным отраслям научных знаний.

3. Приведенный в статье перечень терминов и понятий физико-химических термодинамических явлений является далеко не исчерпывающим и может быть расширен и оптимально классифицирован по мере развития отечественной науки и техники, а также совершенствования методики производства судебных взрыво-, пожарно-технических и иных экспертиз.

Список литературы

1. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Большая Рос. энциклопедия; СПб. : Норинт, 1997, 1999, 2001. – 1456 с.
2. Методика определения параметров взрывного устройства по разрушениям окружающей обстановки, типовых строительных конструкций и повреждениям биообъектов на месте происшествия / В. Н. Зарубин, К. В. Елисеев, В. В. Мартынов, А. Ю. Семенов [и др.] ; под ред. В. А. Химичева. – М. : Изд-во РИО ГУ НПО «Специальная техника и связь», 2002. – 108 с.
3. Педагогам и родителям о пожарной безопасности : учеб. пособие по предупреждению пожара и действиям при обнаружении загорания / М. С. Васильев, М. А. Комова, Г. А. Прытков. – М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 156 с.
4. Таубкин, С. И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы / С. И. Таубкин. – М. : Изд-во ВНИИПО МВД России, 1999. – 600 с.
5. Теория горения и взрыва: конспект лекций / сост. П. П. Воднев. – Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2010. – 180 с.
6. Зельдович, Я. Б. Математическая теория горения и взрыва / Я. Б. Зельдович, Г. И. Баренблат, В. Б. Либрович, Г. М. Махвиладзе. – М. : Наука, 1980. – 479 с.

References

1. Bolshoy enciklopedicheskiy slovar / gl. red. A. M. Prohorov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Bolshaya Ros. enciklopediya; SPb. : Norint, 1997, 1999, 2001. – 1456 s.
2. Metodika opredeleniya parametrov vzryvnogo ustroystva po razrusheniyam okruzhayuschey obstanovki, tipovyh stroitelnyh konstrukciy i povrezhdeniyam bioobektov na meste proisshestviya / V. N. Zarubin, K. V. Eliseev, V. V. Martynov, A. Yu. Semenov [m dr.] ; pod red. V. A. Himicheva. – M. : Izd-vo RIO GU NPO «Specialnaya tehnika i svyaz», 2002. – 108 s.
3. Pedagogam i roditelyam o pozharной bezopasnosti : ucheb. posobie po preduprezhdeniyu pozhara i deystviyam pri obnaruzhenii zagoraniya / M. S. Vasilev, M. A. Komova, G. A. Prytkov. – FGU VNIIPPO MChS Rossii, 2003. – 156 s.
4. Taubkin, S. I. Pozhar i vzryv, osobennosti ih ekspertizy / S. I. Taubkin. – M. : Izd-vo VNIIPPO MVD Rossii, 1999. – 600 s.
5. Teoriya gorenija i vzryva: konspekt lekciy / sost. P. P. Vodnev. – Ulyanovsk : UVAU GA(I), 2010. – 180 s.
6. Zeldovich, Ya. B. Matematicheskaya teoriya gorenija i vzryva / Ya. B. Zeldovich, G. I. Barenblat, V. B. Librovich, G. M. Mahviladze. – M. : Nauka, 1980. – 479 s.