

**Расчет зон разрушений зданий и сооружений при взрывах на опасных
производственных объектах**
**Деркачев Н. В.¹, Деркачев В. И.², Быльев Ю. В.³, Медведева А. Н.⁴, Афанасьев
Р. В.⁵**

¹Деркачев Никита Владимирович / Derkachev Nikita Vladimirovich – эксперт;

²Деркачев Владимир Иванович / Derkachev Vladimir Ivanovich - генеральный директор,
ООО «АТТЭК»;

³Быльев Юрий Владимирович / Byljev Jurii Vladimirovich - технический директор;

⁴Медведева Алина Николаевна / Medvedeva Alina Nikolaevna - эксперт промышленной безопасности;

⁵Афанасьев Руслан Владимирович / Afanasjev Ruslan Vladimirovich - начальник лаборатории,
ООО «НПП НОБИГАЗ», г. Ростов-на-Дону

Аннотация: сравниваются расчеты зон разрушения при внешних взрывах топливно-воздушных смесей, определяемых по Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах», утв. приказом МЧС РФ от 10.07.2009 N 404 и Приложения № 3 Приказа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.03.2013 № 96. Предложен методический подход применения данных методик для разработки проектной и специальной документации.

Abstract: the paper presents comprasion of calculation of destruction zones resulted from outer explosions of fuel-air mixtures, made in accordance with Method of determining the calculated values of fire risk at production facilities approved by the Order of EMERCOM of Russia from 10.07.2009 N 404 and Appendix № 3 of the Order of Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service from 11.03.2013 № 96. The methodical approach of application of these techniques for elaboration of design and special documentation have been proposed.

Ключевые слова: авария, взрыв, опасный производственный объект.

Keywords: the accident, explosion, hazardous production facility.

Общие требования об прогнозировании последствий взрыва и воздействии взрыва на здания и сооружения промышленных объектов и опасных производственных объектов, в частности при разработке специальной и проектной документации изложены в Федеральном законе от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [1], Федеральном законе от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2], в Общих правилах взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [3], в Методике оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей [4], в постановлении правительства РФ от 26.08.2013 N 730 «Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах» [5] и приказе об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта [6].

Опыт экспертизы проектной документации, специальной документации, связанной с планированием локализации и ликвидации последствий аварий на взрывопожароопасных объектах, выявляет ошибки и трудности, связанные с подбором исходных данных для расчета процессов взрыва, выполненных по различным нормативным методикам. Преследуя трудно доказуемые мотивы, чиновники надзорных ведомств подвергают сомнению расчет массы вещества, участвующего в аварии при разрушении технических устройств, массы вещества, участвующего в образовании поражающего фактора аварийного сценария – взрыва, критериев разрушения зданий и сооружений, параметров взрыва – окружающего пространства, агрегатного состояния вещества.

Краеугольным камнем является отсутствие единого нормативного документа с исходными параметрами для расчета взрыва конкретного вещества, а также взаимосвязи конкретных параметров окружающей среды (температура окружающей среды, атмосферное давление, загроможденность окружающего пространства, сила, скорость и направление ветра и т. д.), при которых положено производить расчет последствий взрыва, а также конкретные указания, позволяющие идентифицировать указанные в расчетных методиках [4] параметры. Отсутствие единого подхода к расчету порождает массу спекуляций, касающихся правильности расчета, и позволяет различного рода «экспертам», прикрываясь отсутствием выше указанных параметров, прописанных в законодательстве, отдавать предпочтение собственным умозрительным заключениям и кроме этого делить организации на «правильные и не правильные». Пути устранения данного фактора являются:

1. Уточнение процедуры отбора исходных данных расчетных методик.

2. Установленный законодательством единый справочник физико-химических параметров веществ, используемый для расчетов зон действия поражающих факторов, обязательный к применению для всех заинтересованных надзорных органов (МЧС, ФСЭТАН и т. д.).

3. Выбор оптимальной математической модели с прозрачным алгоритмом расчета.

В случае если собственнику опасного производственного объекта необходим более точный расчет, или имеется расчет обоснования взрывозащищенности зданий (если такой расчет был произведен на этапе проектирования или подготовки документации на техническое перевооружение), может быть применен более точный результат расчета, выполненный по методике [4,8] на лицензионных программных комплексах Тохі [9], аттестованными в установленном порядке специалистами. Но для реализации данного расчета необходим тщательный подбор специалистов, и для устранения коррупционной составляющей - реализация первых двух условий.

Одним из наиболее простых методов может являться допущение применения упрощенных моделей расчета при подготовке специальной документации.

Проведем численное моделирование взрыва топливно-воздушной смеси пропана массой 10 000 кг по «Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах», утв. приказом МЧС РФ от 10.07.2009 N 404 [4] и ФНП, утв. приказом ФСЭТАН от 11.03.2013 N 96 [3].

Моделирование выполнено на базе программного комплекса Токси^{+risk} 4.4.1. Диалоговое окно модуля Токси+risk 4.4.1 для расчета по «Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [5] на рисунке 1. Расчет выполнен при нормальных условиях. Физико-химические параметры вещества соответствуют базе данных веществ, заложенных в программном обеспечении.

Критерии поражения.			
Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах			
Полное разрушение зданий	100000	Па	90,13 м
50%-ое разрушение зданий	53000	Па	126,13 м
Средние повреждения зданий	28000	Па	183,45 м
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам и т.п.)	12000	Па	327,88 м
Нижний порог повреждения человека волной давления	5000	Па	727,7 м
Малые повреждения (разбита часть остекления)	3000	Па	1505,22 м

Рис. 1. Диалоговое окно модуля Токси^{+risk} ТНТ

Диалоговое окно модуля Токси+risk для расчета по «ФНП, утв. приказом ФСЭТАН от 11.03.2013 N 96» [3] представлено на рисунке 2.

Детерминированные критерии поражения			
ФНП Общие правила взрывобезопасности... Приложение 3			
Класс зоны разрушения 1	100000	Па	139,23 м
Класс зоны разрушения 2	70000	Па	205,18 м
Класс зоны разрушения 3	28000	Па	351,74 м
Класс зоны разрушения 4	14000	Па	1025,9 м
Класс зоны разрушения 5	2000	Па	2051,8 м

Рис. 2. Диалоговое окно модуля Токси^{+risk} Взрыв ТВС

Сравнительные результаты моделирования по формулам 7, 8 приложения № 3 ФНП [3] демонстрируют консервативность полученных оценок зависимости избыточного давления во фронте

ударной волны ΔP_{ϕ} от расстояния r до центра взрыва, в то время как расчеты по методике [4] существенно менее консервативны.

Методика для определения радиуса зон поражения при взрыве, приведенная в ФНП, использует формулы 1 и 2, полученные путем аппроксимации границ различных степеней разрушения кирпичных зданий в результате бомбардировок Великобритании во время Второй мировой войны.

При массе вещества менее 5000 кг.

$$R = K \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{1/6}} \quad (1)$$

где K - безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие взрыва на объект, W_T - тротиловый эквивалент, кг.

При массе вещества более 5000 кг.

$$R = K \sqrt[3]{W_T} \quad (2)$$

где W_T - тротиловый эквивалент, кг.

Основной недостаток данного подхода в том, что модель «тротилового эквивалента» при большой массе вещества, участвующего во взрыве, показывает зоны поражения с «запасом», так как не учитывает агрегатное состояние вещества, характеристики окружающего пространства и положение точки инициирования взрывоопасного облака. Однако при оценке ликвидации последствий взрывного воздействия такой подход представляется более приемлемым, не требующим сложных вычислительных алгоритмов и позволяющим проводить расчеты инженерно-техническому персоналу, эксплуатирующему опасный производственный объект. Также фактически исключается манипулирование входными параметрами расчета – например, классификацией окружающего пространства по степени загроможденности, изменение которого может значительно снизить радиус зон поражения.

Результаты сравнительного моделирования показывают перекрытие радиусов зон поражения модели ФНП [3], модели «Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [4]. Т. е. модель ФНП можно рекомендовать для расчетов с «запасом» в случаях, когда определение безопасных расстояний является более приоритетным по сравнению с исключительной точностью (хотя вопрос точности и соответствия реальных взрывных явлений и математических моделей остается открытым для обсуждения), а прозрачность алгоритма позволяет дать однозначный ответ при разработке таких документов, как:

- План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах [5].
- План по предупреждению и ликвидации разлива нефти и нефтепродуктов [7].
- Паспорт безопасности опасного объекта [6].
- Паспорта антитеррористической защищенности опасных производственных объектов и объектов промышленности.

Литература

1. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384 -ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=148719;dst=0;ts=E044B3A70BE9287F543ACFB642A5298C;rnd=0.8920997795648873> (Дата обращения 10.01.2015).
2. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=182705;dst=0;ts=2599DCF4D0348F9666E32F87701A94AC;rnd=0.031895719934254885> (Дата обращения 01.10.2015).
3. Приказ Ростехнадзора от 11.03.2013 N 96 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». (Зарегистрировано в Минюсте России 16.04.2013 N 28138). [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=145465;dst=0;ts=971D34BD5556CFE2C9A003FD212F5CF2;rnd=0.5528322160243988> (Дата обращения 01.10.2015).
4. Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 N 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [Электронный ресурс] Режим доступа:

- <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=109874;dst=0;ts=E1DC1FA18A3DE12410CACFB6DE50CA07;rnd=0.8428179998882115> (Дата обращения 01.10.2015).
5. Постановление Правительства РФ от 26.08.2013 N 730 «Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах». [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=151198;dst=0;ts=05F3966FC157209E8776FC22E7426090;rnd=0.9560975467320532> (Дата обращения 01.10.2015).
 6. Приказ МЧС РФ от 04.11.2004 N 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=50839;dst=0;ts=830AD89EACBAFC4F5C9781C53D92B8F7;rnd=0.22671518404968083> (Дата обращения 01.10.2015).
 7. Приказ МЧС России от 28.12.2004 N 621 «Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=139135;dst=0;ts=44DA029687CD76847F2E3B9C2B7176BC;rnd=0.08383487537503242> (Дата обращения 01.10.2015).
 8. «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» утв. Приказом Ростехнадзора от 20.04.2015 N 159 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=625174;fld=134;dst=100006;rnd=0.9338707337155938> (Дата обращения 01.10.2015).
 9. Серия сертифицированных программных комплексов Toxi+ [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.safety.ru/toxi> (Дата обращения 01.10.2015).