

В.В. Воробьев, С.А. Швырков, С.А. Горячев, Д.В. Гребцов
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: fire2199@yandex.ru)

ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЁТА ПОЖАРНОГО РИСКА ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

Разработаны некоторые элементы расчёта пожарного риска для линейной части магистрального газопровода, позволяющие учитывать его пространственную ориентацию относительно возможного местонахождения людей на прилегающей территории.

Ключевые слова: магистральный газопровод, пожарный риск.

V.V. Vorob'ev, S.A. Shvyrkov, S.A. Gorjachev, D.V. Grebcov
**ELEMENTS OF FIRE RISK CALCULATION
FOR THE LINEAR PART OF GAS PIPELINE**

Developed some elements of calculation of fire risk for the linear part of gas pipeline that take into account its spatial orientation with respect to the possible location of people in the neighborhood.

Key words: gas pipeline, fire risk.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 11 февраля 2014 г.

Масштабы негативных социально-экономических последствий аварий и пожаров на объектах **топливно-энергетического комплекса (ТЭК)** ставят проблему обеспечения безопасности таких объектов в ряд актуальных.

Одним из важнейших компонентов ТЭК являются системы магистральных газопроводов высокого давления, транспортирующих природный газ от места добычи до потребителя. Известен ряд случаев, когда аварии и пожары на магистральных газопроводах создавали угрозу жизни и здоровью людей, приводили к большому материальному ущербу, вызывали общественный резонанс.

Так, 10 мая 2009 г. около 0 часов 30 мин. на ул. Озерная в районе Мичуринского проспекта г. Москвы недалеко от МКАД произошел разрыв отвода распределительного газопровода (диаметр – 1125 мм, давление природного газа – 1,2 МПа, глубина залегания – 4 м) (рис. 1). В результате аварии образовалось горючее облако, которое воспламенилось. От воздействия огненной волны пострадали пять водителей и пассажиров машин, проезжавших недалеко от места аварии по МКАД. Взрывной волной было снесено около 100 м бетонного ограждения вокруг строительной площадки. Пожар распространился на ряд этажей и кровлю рядом расположенного 7-этажного административно-лабораторного здания Научно-исследовательского физико-химического института им. Л.Я. Карпова и на 16-й этаж 22-этажного здания Всероссийского научно-исследовательского института оптико-физических измерений. На прилегающей к зданиям территории огнем уничтожено 12 легковых автомо-

билей, а 71 автомобиль частично пострадал. После взрыва высота факела достигала 200 м, спустя несколько часов она уменьшилась до 30-40 м. В результате взрыва образовалась воронка глубиной более 3 м и диаметром около 10 м. На месте пожара было сосредоточено 52 отделения на основных и специальных пожарных автомобилях, четыре поисково-спасательных отряда, общей численностью боевых расчётов – 187 человек. Пожар ликвидирован в 15 часов 43 минут. Причинами аварии стали нарушения при строительстве и ремонте газопровода, в том числе использование некачественных материалов (<http://ru.wikipedia.org/wiki/2009>).



Рис. 1. Пожар на газопроводе и его последствия

Актуальность проблемы обеспечения пожарной безопасности магистральных газопроводов возрастает в связи с развитием современных подходов, базирующихся на концепции "приемлемого риска" и ставящих во главу угла задачу снижения вероятности гибели людей. Этот подход предполагает выполнение комплекса работ, связанных с анализом пожарного риска возможных аварий. Практическим инструментом исследования уровня пожарной опасности объекта является количественный анализ пожарного риска. При этом вопрос обоснованности и адекватности расчётных методик является одним из ключевых в обеспечении безопасности людей.

Согласно [2], величина потенциального пожарного риска $P(r)$ (год⁻¹) для линейной части магистрального газопровода в определенной точке на расстоянии r от его оси определяется по формуле:

$$P(r) = \sum_{j=1}^{J_0} \sum_{k=1}^{K_0} \lambda_j(m) Q_{jk} \int_{x_1}^{x_2} Q_{nopjk}(x, r) dx, \quad (1)$$

где $\lambda_j(m)$ – удельная частота разгерметизации линейной части магистрального газопровода для j -го типа разгерметизации на участке m магистрального трубопровода, год⁻¹·м⁻¹;

K_0 – число вариантов развития пожароопасной ситуации или пожара. При этом подлежат рассмотрению для каждого типа разгерметизации следующие варианты: факельное горение, пожар-вспышка, сгорание газозооушной смеси в открытом пространстве;

J_0 – число рассматриваемых типов разгерметизации;

Q_{jk} – условная вероятность возникновения k -го варианта развития пожароопасной ситуации (пожара) для j -го типа разгерметизации;

$Q_{nopjk}(x, r)$ – условная вероятность поражения человека в рассматриваемой точке на расстоянии r от оси магистрального газопровода в результате возникновения k -го варианта развития пожароопасной ситуации (пожара) на участке магистрального газопровода с координатой x , расположенной в пределах участка влияния k -го варианта развития пожара для j -го типа разгерметизации;

x_{1jk} , x_{2jk} – координаты начала и окончания участка влияния. Границы участка влияния определяются для k -го варианта развития пожароопасной ситуации (пожара) из условия, что зона поражения опасными факторами пожара (взрыва) при аварии на магистральном газопроводе за пределами этого участка не достигает рассматриваемой точки на расстоянии r от оси магистрального газопровода. Допускается интегрирование проводить по всей длине магистрального газопровода.

К сожалению, в [2] не приведен алгоритм, позволяющий при расчёте интеграла, входящего в формулу (1), учитывать пространственную ориентацию магистрального газопровода относительно возможного местонахождения людей, что вносит определенную погрешность в расчёты вследствие неравномерности распределения условных вероятностей поражения человека при разгерметизации магистрального газопровода в его различных точках.

Алгоритм расчёта указанного интеграла для конкретных j и k рассмотрим на примере магистрального газопровода, подходящего к **газораспределительной станции (ГРС)**. В качестве основания для расчёта пожарных рисков примем вынужденное отступление от требований [3] в части несоответствия нормативного расстояния от магистрального газопровода до отдельно стоящего здания с массовым пребыванием людей (рис. 2). При определении границ влияния введём допущение, что опасность для людей представляет только участок магистрального газопровода, расстояние от любой точки которого менее нормативного (отрезок BD). Предложенный алгоритм реализован в программной среде *Mathcad*.

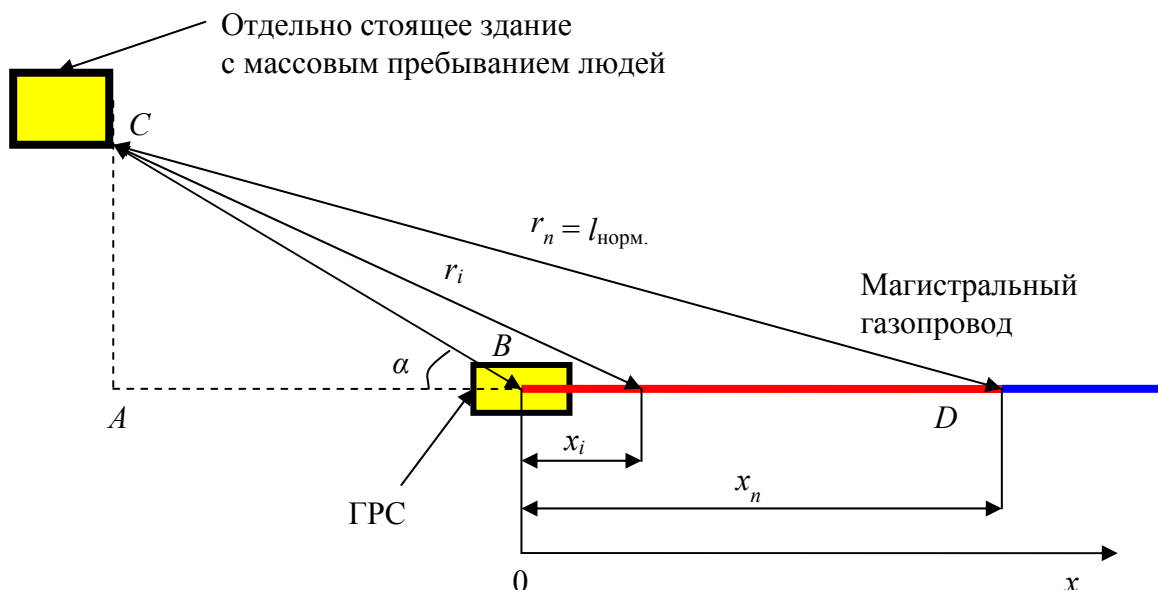


Рис. 2. Пример принципиальной схемы размещения объектов

Найдем координату трубопровода x_n , для которой выполняется условие $r_n = l_{\text{норм}}$.

Для этого рассматриваемый магистральный газопровод разобьем на n равных отрезков длиной Δ (например, 0,1 м). Число n равных отрезков подберем таким образом, чтобы при произвольно взятом n численное значение координаты x_n было заведомо больше длины отрезка BD .

Порядковые номера i координат магистрального газопровода определим как последовательность целых чисел от 0 до n . Тогда любую координату магистрального газопровода с номером i можно найти из выражения:

$$x_i = \Delta \cdot i. \quad (2)$$

Расстояние от отдельно стоящего здания с массовым пребыванием людей до координаты с номером i магистрального газопровода определим из тригонометрической формулы:

$$r_i = \sqrt{(CB \cos \alpha + x_i)^2 + (CB \sin \alpha)^2}. \quad (3)$$

Далее найдем порядковый номер координаты магистрального газопровода, где $r_i = l_{\text{норм}}$, и присвоим ей индекс n .

Длину участка BD , для которого не соблюдаются нормативные расстояния, определяем из выражения:

$$BD = \Delta \cdot n. \quad (4)$$

Теперь решим интеграл $\int_{x_1}^{x_2} Q_{\text{норм}}(x, r) dx$ для конкретных j и k .

Решение будем искать численным методом, для чего определим условные вероятности поражения человека от конкретного опасного фактора пожара по формулам, представленным в [2], на расстояниях r_i от рассматриваемой коор-

динаты x_i магистрального газопровода до отдельно стоящего здания с массовым пребыванием людей.

Тогда выражение для нахождения численного значения искомого интеграла, равного площади под графиком условной вероятности поражения от координаты рассматриваемого участка магистрального газопровода с пределами интегрирования соответственно равными: нижний – $x_1 = 0$, верхний $x_2 = x_n$, примет вид:

$$\int_{x_1}^{x_2} Q_{nop}(x, r) dx \approx \sum_{i=0}^n \Delta Q_i. \quad (5)$$

Предложенный алгоритм представляется возможным использовать как дополнение к [2] при расчётном определении величин пожарных рисков для линейной части магистральных газопроводов.

Литература

1. **Федеральный закон** от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. **Методика** определения расчётных величин пожарных рисков на производственных объектах. Утв. прик. МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404, зар. в Минюсте от 17 августа 2009 г. №14541.
3. **СП 36.13330.2012**. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85*.
4. **Политика** предотвращения техногенных аварий и катастроф / Под. ред. М.И. Фалеева. М.: Институт риска и безопасности, 2002. 316 с.