

Пожарная и промышленная безопасность в нефтегазовой отрасли

УДК 614.841.34

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН ПОЖАРНОГО РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ANALYSIS OF A METHOD FOR DETERMINING THE ESTIMATED VALUES OF FIRE RISK ON INDUSTRIAL FACILITIES

И. К. Бакиров, А. Р. Загидуллина

I. K. Bakirov, A. R. Zagidullina

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

*Ключевые слова: пожарный риск; опасные факторы пожара; массовая скорость
выгорания; твердые горючие материалы*

Key words: fire risk; hazards of fire; mass burnout rate; solid combustible materials

Определение расчетных величин пожарных рисков сейчас в России можно определить как новое понятие [1, 2]. Сегодня приняты и утверждены в МЧС России две методики определения расчетных величин пожарных рисков: методика определения расчетных величин на производственных объектах и методика определе-

ния расчетных величин на объектах разного класса функциональной пожарной опасности, а также целый ряд новых нормативно-правовых актов, так или иначе имеющих отношение к определению пожарных рисков [3].

Анализ расчетов пожарного риска позволяет выявить недостатки, имеющиеся как в правилах оценки пожарного риска, так и в самих расчетах методики [4].

1) Определяется одна из первых ключевых промежуточных величин расчета — эффективный диаметр пожарного риска при расчете опасного фактора пожара (ОФП) — теплового излучения для пожара пролива. Расчет пожара пролива предназначен только для жидких материалов. Таким образом, расчет не учитывает расчет пожарного риска от теплового излучения при пожаре твердых горючих материалов (ТГМ). Тем более этот расчет учитывает только круговую форму пожара, хотя при пожаре ТГМ возможна и квадратная форма пожара.

2) Большой объем работ при расчетах в связи с необходимостью учитывать все пожароопасные ситуации и, соответственно, горение всех имеющихся материалов на объекте.

3) Непонятные компьютерные расчетные программы (их происхождение сомнительно, их использование не обосновано методикой [4] или другими нормативными правовыми актами), отсутствие системы контроля и проверки этих расчетов и программ, особенно на уже построенных и эксплуатируемых объектах.

4) На территории производственных объектов, как правило, располагаются здания разной функциональной пожарной опасности: складские сооружения; столовые, поликлиники; административно-бытовые корпуса производств и организаций (ремонтные, сервисные и др.), зданий охраны предприятий. Они при расчете пожарного риска в методике [4] не учитываются, хотя, когда предприятие решает выполнить расчет пожарного риска, при расчете необходимо учитывать пожарный риск всех объектов, расположенных на территории предприятия. Следовательно, при расчете необходимо пользоваться двумя методиками — методикой определения расчетных величин для производственных объектов и методикой определения расчетных величин пожарных рисков для объектов разной функциональной пожарной опасности [5, 6]. Это увеличивает объем, время расчетов, и соответственно, финансирование расчетов.

5) В методике [4] не предусмотрена возможность использования результатов уже разработанных документов на объект защиты, хотя аналогичные расчеты уже могут быть сделаны в декларациях промышленной безопасности, планах ликвидации аварийных ситуаций, аварийных разливов, паспортах объектов, инженерно-технических мероприятиях и т. д.

6) В методике [4] отсутствуют пояснения, как наносить поля опасных факторов пожара (далее — ОФП) графически; не определен порядок определения числа людей, попавших в зону поражения ОФП.

7) Социальный пожарный риск — степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара [3]. В методике [4] в качестве гибели людей группы учтена группа людей, находящаяся только в селитебной зоне. Возможны группы людей, находящиеся и на территории предприятия, например на территории производственной установки во время комиссии или оперативки, зоне отдыха предприятия, на проездах предприятия и т. д., то есть не в селитебной зоне. По определению социального пожарного риска местонахождение группы людей, которым угрожает опасность, не определено. По методике [4] предусмотрено только среднее число — 10 человек при расположении в селитебной зоне. Может возникнуть ситуация, когда на селитебной территории или зоне рекреации будет максимальное количество людей (например, во время массового праздника), а в это время произойдет пожар с действием на этой территории ОФП. Или группа людей может находиться в производственной зоне во время работы комиссии, во время строительных работ, приема-передачи рабочей смены. А

эта территория не вошла в зону социального риска, и на ней не определен социальный пожарный риск, так как среднее число людей в течение суток там меньше 10. Такие ситуации в методике [4] не учтены.

8) Применяются формулы, многие показатели которых часто приходится усматривать недостоверными путями в связи с отсутствием информации. Это количество пожаров за определенный период времени, удельная массовая скорость выгорания, плотность окружающего воздуха, среднеповерхностная интенсивность теплового излучения, линейная скорость распространения пламени по поверхности материалов и другие показатели при вычислениях пожарных рисков в зданиях.

9) Не предусмотрен вариант определения безразмерного параметра Z , учитывающего неравномерность опасного фактора пожара по высоте при высоте помещения H более 6 м, например производственного цеха с большой площадью и высотой. Не установлено, как определять расстояние от геометрического центра пролива или пожарной нагрузки твердого горючего вещества до облучаемого объекта, расстояние от места нахождения человека до безопасной зоны. Не установлено четко, какой показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени по виду распространения пламени, принимать в формуле. Также в методике [4] не указаны рекомендации, если вычисленные пожарные риски превышают допустимые пожарные риски [5, 8].

Определим по методике [4] алгоритм расчета пожарного риска.

Эффективный диаметр пожарной нагрузки (формула 1) \rightarrow массовая скорость выгорания высота пламени (формула 6) \rightarrow показатель (формула 7) \rightarrow фактор облученности для вертикальной площадки (формула 11) \rightarrow угловой коэффициент облученности (формула 13) \rightarrow интенсивность теплового излучения (формула 15) \rightarrow степень поражения человека (таблица 1) \rightarrow расстояние от очага пожара до границы безопасной зоны (таблица 2) \rightarrow расстояние от человека до безопасной зоны \rightarrow эффективное время экспозиции \rightarrow пробит-функция \rightarrow вероятность поражения \rightarrow величины пожарного риска [5].

Разделим пожарный риск по видам ТГМ. Если на объекте несколько разных материалов, определим выбор по статистической информации (если информация есть), определим наиболее часто происходящие пожары, расчет будем проводить по этому ТГМ. Хотя методика [4] предполагает определение пожарного риска в любых агрегатных состояниях, но, как мы выяснили, многие формулы и таблицы определены только для жидких горючих веществ.

Если статистическая информация отсутствует, можно вести расчет по наиболее опасному в пожарном отношении ТГМ с наиболее пожароопасной характеристикой, влияющей на величины пожарного риска в формулах - массовой скоростью выгорания. Чем больше массовая скорость выгорания, тем опаснее материал. Если массовая скорость выгорания у материалов одинаковая, возможно учесть количество хранящихся или обращающихся в технологическом процессе материалов и расчет вести по материалу, которого больше других, если разница большая (в 1,5 и более раз). Так же возможно учесть другие пожароопасные свойства материалов – показатель горючести (G_1, G_2, G_3, G_4), температуру тления, воспламенения, самовоспламенения, линейную скорость распространения пламени, теплоту сгорания. Но теплота сгорания и другие свойства учитываются в методике при расчетах пожарного риска в зданиях, а массовая скорость выгорания при пожарах вне зданий. Выбор одного материала при оценке пожарного риска упростит порядок и уменьшит объемы расчетов, к тому же на объекте очень низкая вероятность, что загорится сразу несколько материалов и риск объективнее определять по одному материалу.

Величина потенциального пожарного риска $P(a)$ (год^{-1}) (далее — потенциального риска) в определенной точке «а» как на территории производственного объекта, так и на прилегающей к объекту территории определяется с помощью соотношения

$$P(a) = \sum_{j=1}^J Q_{dj}(a) Q_j, \quad (1)$$

где J — число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров, ветвей логического дерева событий); $Q_{dj}(a)$ — условная вероятность поражения человека в определенной точке территории (a) в результате реализации j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному иницирующему аварии событию; Q_j — частота реализации в течение года j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год⁻¹.

Для упрощения расчетов при определении пожарного риска и промежуточных величин предлагается также использовать следующий принцип: определять наиболее опасный вид горючего материала, наиболее опасный сценарий, наиболее опасное место пожара, наиболее часто возникающий пожар по исходной информации. Это не уменьшает величину реального пожарного риска на объекте.

Формула (1) примет вид

$$P = Q_d Q, \quad (2)$$

где Q_d — условная вероятность поражения человека в наиболее ближайшей к очагу пожара точке; Q — частота реализации в течение года наиболее часто возникающего сценария развития пожароопасных ситуаций, год⁻¹.

По такому же принципу определяем условную вероятность поражения человека опасными факторами, потенциальный риск, индивидуальный пожарный риск и социальный пожарный риск. Исключаем из методики [4] процессы, возникающие при реализации пожароопасных ситуаций и пожаров, связанные с жидкими и газообразными веществами. При определении блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара также не учитываем горение жидкости.

Размеры зоны поражения и, соответственно, безопасной зоны (R) зависят от площади пожарной нагрузки и от вида ТГМ.

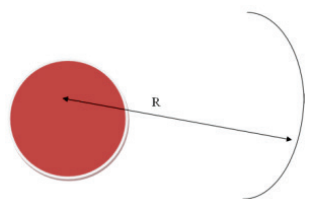


Рис. 1. Зона пожарной нагрузки и зона поражения

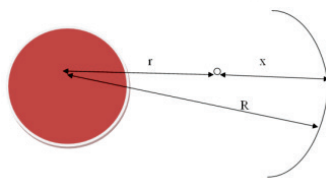


Рис. 2. Круговая форма пожара

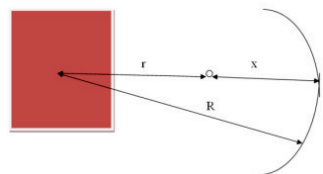


Рис. 3. Прямоугольная форма пожара

Зададим цель построить зависимость вида ТГМ и эффективного диаметра пожарной нагрузки от радиуса зоны поражения. Такая зависимость намного облегчит расчеты и построение зон поражения в разрабатываемой методике.

Находим эффективный диаметр пожарной нагрузки. Условно принимаем площадь пожарной нагрузки за всю площадь горения. Этот диаметр в методике [4] принимается при круговой площади горения (площади пролива) и не всегда реаль-

но отражает действительную форму площади горения, особенно твердой пожарной нагрузки. Примем в качестве формы горения основные геометрические фигуры: круг и прямоугольник. Если форму нельзя однозначно отнести к той или иной форме, будем ее приближать по визуальному сходству к той или иной форме (рис. 1, 2, 3).

Выведем формулы эффективного диаметра с учетом формы пожара.

Эффективный диаметр для круговой формы пожарной нагрузки d (м) рассчитывается по формуле [4]

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (3)$$

где F — площадь пожарной нагрузки, м^2 , (рис. 4).

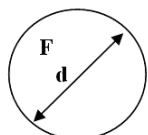


Рис. 4. Круговая форма пожара

При прямоугольной форме пожара (рис. 5) формулу нахождения эффективного диаметра выведем в зависимости от длин сторон прямоугольника и свойств соотношения между сторонами прямоугольного треугольника (теореме Пифагора). Эффективный диаметр определяем равным диаметру описанной вокруг прямоугольника окружности, так как это наибольшее расстояние площади горения при прямоугольной форме, соответственно, наиболее опасное

$$d = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (4)$$

где a и b — стороны прямоугольника.

Для прямоугольной формы пожара получается много вариантов числовых значений.

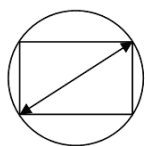


Рис. 5. Прямоугольная форма пожара

Необходимо задавать не только площади, но и длины сторон для каждого варианта площади пожара. Поэтому в случае прямоугольной формы пожара не будем устанавливать зависимость от площадей пожара и длин сторон эффективного диаметра. При такой форме пожара необходимо подходить индивидуально и для каждого конкретного

случая длины стороны проводить вычисления эффективного диаметра [5].

Характеристикой вида горючего материала является удельная массовая скорость выгорания m' ($\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$). Характеристикой площади пожарной нагрузки является эффективный диаметр пожарной нагрузки d , м.

Эффективный диаметр пожарной нагрузки определен, теперь определяем удельную массовую скорость выгорания m' и плотность воздуха ρ_v при нормальном атмосферном давлении 101,325 кПа (1 атм) и заданной нами наивысшей температуре наружного воздуха в зависимости от региона или субъекта РФ (наиболее пожароопасная среда) по справочной литературе.

Однако на многие ТГМ массовая скорость выгорания неизвестна. По нормативным документам сегодня не разработана методика испытаний ТГМ на определение массовой скорости выгорания. Известная методика испытаний по массовой скорости выгорания жидких горючих материалов нам не подходит. Поэтому, учитывая значение массовой скорости выгорания в вычислениях (от массовой скорости выгорания существенно зависят безопасные расстояния от очага пожара или площади пожарной нагрузки, например, если при 10 м^2 у линолеума безопасное расстояние 2,356 м, то у пиломатериалов в штабелях при той же площади на от-

крытых площадках — 9,154 м), будет актуально разработать методику определения массовой скорости выгорания ТГМ.

Дальнейшие показатели пожара определяются в соответствии с действующей методикой [4].

Далее задаем интенсивность теплового излучения на границе между безопасной и опасной зоной — 4 кВт/м² [4]. В безопасной зоне она будет меньше 4 кВт/м², а в опасной зоне — больше 4 кВт/м². Для определения расстояния до безопасной зоны условно зададим условие: облучаемый объект расположен на границе между безопасной и опасной зоной. Соответственно $R_l = r$, $x = 0$ (см. рис. 1, 2, 3). Также в условии будем задавать расстояния R_l или r , начиная от 2 до 40 м и эффективный диаметр пожарной нагрузки, начиная от 2 до 40 м. Проводим описанные выше вычисления, подставляя заданные данные до тех пор, пока тепловое излучение не будет определено 4 кВт/м².

При получении такого равенства, а именно $4 = F_f \cdot F_q \cdot \tau$, мы фиксируем показатели эффективного диаметра пожарной нагрузки d , площади пожара при круговой форме горения F и расстояния до безопасной зоны или облучаемого объекта — R или r .

Такие вычисления производим для каждого вида ТГМ или пожарной нагрузки.

Таким образом, мы получаем следующую зависимость: линолеум площадью 10 м² при массовой скорости выгорания 0,0001 кг/м²с при горении должен иметь безопасное расстояние 2,356 м от центра очага пожара. И такое вычисление возможно для каждого вида ТГМ, у которого известна массовая скорость выгорания (таблица).

Расстояния от очага пожара до границы безопасной зоны

F, м ²	Расстояние R _l , м					
	Линолеум, кожа искусственная	Пенополиуретан (фасадные термопанели, плиты, сэндвич-панели для изоляции зданий и сооружений, полуцилиндры, плинтусы, розетки, элементы мебели «под дерево», спасательные жилеты, буйки)	Сено, солома (до 8 % влажности)	Бумага (книги, журналы, газеты)	Книги на деревянных стеллажах, торфоплиты	Фенопласт (пластмассовые корпуса, изделия из пластмассы технического назначения)
	<i>m'</i> , кг/(м ² с)					
	0,0001	0,0028	0,0037	0,0042	0,0055	0,058
10 (d = 3,57)	2,356	4,468	4,765	4,893	5,195	5,258
25 (d = 5,64)	3,789	6,724	7,139	7,341	7,790	7,879
50 (d = 7,98)	5,203	9,146	9,712	9,975	10,586	10,714

Далее по методике [4] определяем остальные параметры и вычисляем пожарные риски.

Для усовершенствованной методики [4] при вычислении пожарных рисков на территории (вне зданий) из справочной и методической литературы, Интернета определяем следующие данные: удельную массовую скорость выгорания m' (кг·м⁻²·с⁻¹); плотность воздуха при нормальном атмосферном давлении 101,325 кПа (1 атм) и различной температуре; значения наивысшей температуры для разных регионов РФ; числовые значения \arctg в табличной форме; математическую функцию \exp .

Следующим этапом предлагаем разработать новый метод испытаний для определения массовой скорости выгорания для ТГМ. При определении расчетных ве-

личин пожарного риска ТГМ необходимость знания массовой скорости выгорания актуальна, так как от этой характеристики существенно зависят безопасные расстояния до горящей пожарной нагрузки. Например, если горит линолеум или кожа искусственной площадью 10 м^2 при массовой скорости выгорания $0,0001 \text{ кг/м}^2\text{с}$, безопасное расстояние до нее будет $2,356 \text{ м}$, как мы уже определяли выше. А если горит мебель+ткани в пропорции примерно $0,75+0,25$ той же площадью — 10 м^2 , но имея массовую скорость выгорания уже $0,0162 \text{ кг/м}^2\text{с}$, то безопасное расстояние до нее уже $6,554 \text{ м}$. Как мы видим, есть разница между $2,356 \text{ м}$ и $6,554 \text{ м}$ — можно получить ожог или даже погибнуть, не зная, что горит. Из этих соображений можно сделать вывод, утверждение [10], что для ТГМ скорость выгорания не является показателем, характеризующим пожаро- и взрывоопасность материалов — ошибочно.

Так же при вычислениях пожарного риска в зданиях из справочной литературы и Интернета определяем линейную скорость распространения пламени по поверхности материалов (при вычислениях времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара), низшую теплоту сгорания материала Q , МДж/кг, коэффициент полноты горения η , дымообразующую способность горящего материала D_m , Нп·м²/кг, удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг горючего вещества L , кг/кг, удельную изобарную теплоемкость воздуха C_p , МДж/кг; начальную температуру воздуха в помещении t_0 , °С; среднепереходную интенсивность (плотность) теплового излучения пламени E_f ; порядок вычисления вероятности присутствия работника на территории q ; зависимость показателя степени, учитывающего изменение массы выгорающего материала во времени n от вида наружной среды (помещений).

Предлагается учесть вышеописанные недостатки и усовершенствовать методику [4]. Главным критерием расчета в усовершенствованную методику предлагается установить принцип удобства расчетов и полной информации при расчетах, в том числе справочной. Очередность определения показателей предлагается установить с учетом прямой последовательности для вычисления по формулам [5].

В интервью заместителя директора Департамента надзорной деятельности МЧС России А. Н. Гилетич на селекторном совещании МЧС России отмечается, что наиболее сложным является построение полей опасных факторов пожара [11]. Мы абсолютно согласны с такой позицией. Если усовершенствовать методику оценки пожарного риска по нашим предложениям, поля опасных факторов пожара можно было бы определять без расчетов.

Список литературы

1. Хафизов Ф. Ш., Бакиров И. К. Расчет пожарных рисков объектов топливно-энергетического комплекса // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – № 11. – С. 31–35.
2. Бакиров И. К. Хафизов Ф. Ш., Султанов Р. М. Проблемы применения нормативных документов по пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – № 1. – С. 7–11.
3. Федеральный закон № 123 от 22.07.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». – М., 2009. – 140 с.
4. Приказ МЧС России № 404 от 10.07.2009 г. «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». – М., 2009. – 39 с.
5. Бакиров И. К. Совершенствование методов оценки пожарных рисков объектов с твердыми горючими материалами: дис. канд. техн. Наук, – Уфа, 2012. – 135 с.
6. Хафизов Ф. Ш., Бакиров И. К. Пожарные риски: кто ответит за пожар? // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – № 9. – С. 2–4.
7. Бакиров И. К. Разработка метода оценки пожарных рисков твердых горючих веществ и материалов на производственных и складских объектах // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – № 9. – С. 35–41.
8. Бакиров И. К. Влияние на пожарные риски вопросов, связанных с пожарной безопасностью в строительстве // Пожарная безопасность в строительстве. – 2010. – № 4. – С. 24–25.
9. Свод правил МЧС России 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Электронный ресурс]. – <http://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 05.05.2016)
10. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник. Часть 1. – М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. – 713 с.
11. Интервью заместителя директора Департамента надзорной деятельности МЧС России А.Н. Гилетич на се-

Сведения об авторах

Бакиров Ирек Климович, к. т. н., доцент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, e-mail: bakirovirek@bk.ru

Загидуллина Альбина Рафисовна, магистрант кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Information about the authors

Bakirov I. K., Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Fire and Industrial Safety, Ufa State Petroleum Technological University, e-mail: bakirovirek@bk.ru

Zagidullina A. R., Master's Student at the Department of Fire and Industrial Safety, Ufa State Petroleum Technological University

УДК 331.4:331.363

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОПАСНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

**PRODUCTION CONTROL OVER OBSERVANCE OF INDUSTRIAL SAFETY AT
HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES**

С. В. Воробьева, Л. А. Казанцева, В. О. Смирнова

S. V. Vorobjeva, L. A. Kazantseva, V. O. Smirnova

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Санкт-Петербургский государственный аэрокосмический университет, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: производственный контроль; опасные производственные объекты

Key words: production control; hazardous production facilities

Эксплуатация опасных производственных объектов (ОПО), в том числе в нефтегазовой отрасли связана с широким спектром опасных факторов как в самом производстве, так и в системах жизнеобеспечения.

Техногенные аварии на нефтегазодобывающих предприятиях связаны с перемещением, накоплением, обработкой нефтяных углеводородов и возможным нарушением при этом правил (технологий) эксплуатации энергоемких процессов и аппаратов.

Наряду с традиционной практикой идентификации предаварийных ситуаций начинает применяться дистанционное зондирование с использованием летательных аппаратов.

К основным опасным и вредным производственным факторам на ОПО относят взрывоопасность, пожароопасность, сосуды, работающие под высоким давлением, токсичность и вредность веществ, источники электроэнергии, подвижные машины и механизмы.

Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) разработаны и внедрены нормативные документы, регламентирующие порядок эксплуатации опасных производственных объектов.

Одним из основных является Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ, который обязывает работодателя проводить контроль за соблюдением требований промышленной безопасности.

Безопасное использование технологического оборудования, движущихся машин, механизмов, обеспечение производственной и экологической безопасности в целом организуется на предприятиях в соответствии с законодательством, правилами и нормами конкретных промышленных производств [1–3]. Но не все