

УДК 614.84

v.k.ekb@yandex.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PROMRISK
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АВАРИЙ НА АЗС****APPLICATION SOFTWARE PROMRISK
IN MODELING ACCIDENTS AT THE GAS STATION**

*Кокорин В.В., кандидат технических наук, доцент,
Субачев С.В., кандидат технических наук, доцент,
Мельниченко Ю.В., кандидат технических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Хафизов Ф.Ш., доктор технических наук, профессор,
Хафизов И.Ф., доктор технических наук, доцент,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет, Уфа*

*Kokorin V.V., Subachev S.V., Melnichenko Yu.V.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg
Khafizov F.Sh., Khafizov I.F.,
Ufa State Petroleum Technoljgical University, Ufa*

В статье представлено программное обеспечение PromRisk, разработанное на основании методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. В программе возможно моделирование различных аварийных ситуаций на наземных и подземных резервуарах, трубопроводах, топливораздаточных колонках, гибких соединениях от заправщика. Для демонстрации работы программного обеспечения PromRisk рассмотрен случай разгерметизации емкости автоцистерны с дальнейшим воспламенением паров бензина на территории АЗС. Приведен сравнительный анализ результатов работы программного обеспечения и методики, представленной в ГОСТ Р 12.3.047-2012.

Ключевые слова: автозаправочная станция, пожар пролива, программное обеспечение, тепловое излучение, моделирование аварии.

The article presents the software PromRisk, developed on the basis of methods for determining the calculated values of fire risk at production facilities. The program can simulate various emergency situations on the ground and underground tanks, pipelines, fuel dispensers, flexible connections from the tanker. To demonstrate the operation of the PromRisk software, the case of depressurization of the tank truck capacity with further ignition of gasoline vapors at the gas station is considered. The comparative analysis of results of work of the software and the technique presented in GOST R 12.3.047-2012 is resulted.

Keywords: gas station, fire strait, software, thermal radiation, accident simulation.

Автозаправочные станции (далее – АЗС) являются важнейшим звеном системы нефтепродуктообеспечения страны. На сегодняшний день они предназначены не только для заправки автотранспортной техники топливом, но дополнительно осуществляют: продажу смазочных мате-

риалов, специальных жидкостей, запасных частей, техническое обслуживание и мойку автомобилей.

Несмотря на достижения в области обеспечения необходимого уровня пожарной безопасности не исключены возгорания на таких объектах. Согласно ста-

статистическим данным (рисунок 1), причинами пожаров и загораний на АЗС являются: неисправность электрооборудования, освещения, нарушение правил ре-

монтных работ и техники безопасности, нагретые детали автомобилей, искры и т.д. [1].

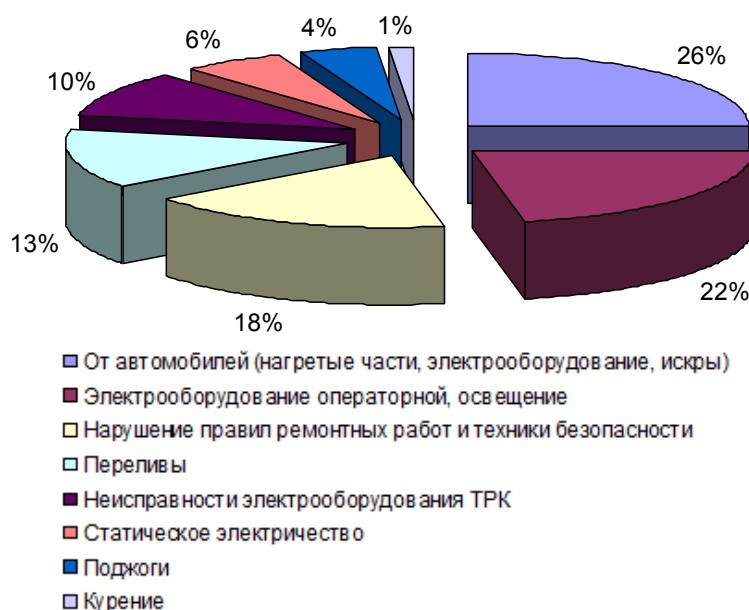


Рисунок 1. Основные причины возникновения пожаров и загораний на АЗС

Пожары на АЗС нередко сопровождаются взрывами технологического оборудования, что не только затрудняет процесс тушения и значительно увеличивает время локализации, но и приводит к значительному материальному ущербу. Практика показывает, что даже незначительное воспламенение за несколько минут способно перерасти в крупную аварию, к которой участники тушения пожара могут быть просто не готовы. В связи с этим требуется постоянно совершенствовать и поддерживать на высоком уровне действия пожарно-спасательных подразделений. Для этого необходимо два условия: определить возможные сценарии возникновения и развития аварийных ситуаций на АЗС и проработать алгоритм действий участников ликвидации аварий.

Если второе отрабатывается на практике, то возможные аварийные ситуации могут быть смоделированы только с использованием компьютерных программ. Так, к примеру, программное обеспечение (далее – ПО) PromRisk, разработанное на основании методики определения расчетных величин пожарного

риска на производственных объектах [2, 3], позволяет моделировать такие ситуации. Актуальность разработки данного ПО обусловлена необходимостью реализации положений Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [4]. В программе возможно моделирование различных аварийных ситуаций на наземных и подземных резервуарах, трубопроводах, топливораздаточных колонках, гибких соединениях от заправщика. Программа позволяет учитывать различные категории людей (работников объекта, население), аварийные ситуации для каждого типа оборудования, строить дерево событий, выполнять расчеты потенциального, индивидуального и социального пожарных рисков и др.

Порядок работы с ПО заключается в следующем:

1. Создание модели объекта.
2. Автоматическое построение логического дерева событий для каждого сценария развития аварии (разгерметизация, разрушение оборудования и т.д.).
3. Выполнение расчетов опасных

факторов пожара для каждого сценария развития аварии.

4. Моделирование опасных факторов пожара на модели объекта.

5. Формирование отчета.

Для демонстрации работы данного ПО рассмотрим случай разгерметизации емкости автоцистерны с дальнейшим воспламенением паров бензина на терри-

тории АЗС «Газпромнефть-Урал», расположенной по адресу: г. Екатеринбург улица Блюхера, 1. Исходные данные: объем емкости автоцистерны – 6 м³, топливо – бензин марки АИ-92, площадь пролива – 900 м², температура воздуха +42 °С. Основные этапы работы ПО PromRisk представлены на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2. Программное обеспечение PromRisk:
 а) создание модели объекта; б) построение дерева событий при разгерметизации автоцистерны; в) график теплового потока при различной силе ветра; г) моделирование теплового потока при пожаре пролива бензина

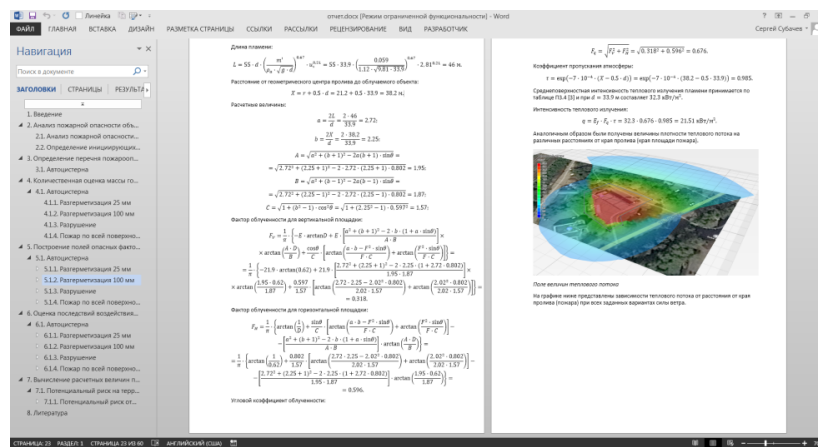


Рисунок 3. Отчет по результатам моделирования в PromRisk

Чтобы оценить достоверность результатов работы представленного ПО,

проведем количественную оценку воздействия опасного фактора пожара, а именно прогнозирование размеров полей поражения тепловым излучением пожара пролива при истечении бензина марки АИ-92 на территории АЗС, по методике ГОСТ Р 12.3.047-2012 [5], и сравним полученные результаты.

Для проведения расчета принимаем исходные данные, используемые в ПО PromRisk. Расстояние от границы очага пожара до облучаемого объекта принимаем 30 м. Согласно методике интенсивность теплового излучения при пожаре пролива легковоспламеняющейся и го-

рючей жидкости определяется по формуле:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \tag{1}$$

где E_f – среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени, кВт/м²; F_q – угловой коэффициент облученности; τ – коэффициент пропускания атмосферы.

Предельно допустимые значения интенсивности теплового излучения для различных степеней поражения человека и повреждения материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Предельно допустимые значения интенсивности теплового излучения

Характер повреждений элементов зданий и воздействия на человека	Интенсивность излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20-30 сек Ожог 1-й степени через 15-20 сек Ожог 2-й степени через 30-40 сек Воспламенение хлопка волокна через 15 мин	7,0
Непереносимая боль через 3-5 сек Ожог 1-й степени через 6-8 сек Ожог 2-й степени через 12-16 сек	10,5
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин.	12,9
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганной поверхности; воспламенение фанеры	17,0

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени принимается по таблице 2 и зависит от

удельной массовой скорости выгорания вещества и диаметра пролива.

Таблица 2

Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени

Топливо	Интенсивность излучения, кВт/м ²					m' , кг/(м ² ·с)
	диаметр пролива, м					
	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	
СПГ	220	180	150	130	120	0,08

СУГ (пропан-бутан)	80	63	50	43	40	0,1
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04

Угловой коэффициент облученности определяется по формуле:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}, \quad (2)$$

где F_V , F_H – факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок, соответственно, определяемые для площадок, расположенных в 90° секторе в направлении наклона пламени.

$$F_V = \frac{1}{\pi} \left\{ -E \cdot \arctg D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \arctg \left(\frac{A \cdot D}{B} + \frac{\cos \theta}{C} \right) \cdot \left[\arctg \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctg \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \right\}, \quad (4)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left\{ \arctg \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctg \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctg \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot (b+1 + a \cdot b \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctg \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\}, \quad (5)$$

Расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта определяется по формуле:

$$X = r + 0,5 \cdot d, \quad (6)$$

где r – расстояние от границы очага пожара до объекта, м; d – эффективный диаметр пролива, м.

При подстановке исходных значений в формулы установлено, что результат вычисления интенсивности теплового излучения при пожаре пролива бензина марки АИ-92 в точке, расположенной на расстоянии 30 м от границы очага пожа-

ра, составит 5,482 кВт/м², что соответствует значению, полученному при использовании ПО PromRisk (рисунок 2в).

$$\tau = \exp \left[-7 \cdot 10^{-4} (X - 0,5 \cdot d) \right], \quad (3)$$

где X – расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, м; d – эффективный диаметр пролива, м.

Факторы облученности определяются по формулам:

ра, составит 5,482 кВт/м², что соответствует значению, полученному при использовании ПО PromRisk (рисунок 2в).

Можно сделать вывод, что представленное программное обеспечение PromRisk позволяет снизить временные затраты на разработку и анализ сценариев развития аварийных ситуаций, спрогнозировать и оценить обстановку при их возникновении не только на АЗС, но и на других объектах с обращением горючих жидкостей.

Литература

1. Оперативная информация // Сайт МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/operationalpage> (дата обращения: 06.11.2018).
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 г. № 404, с изм.).
3. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д.М. Гордиенко и др. – М.: ВНИИПО, 2012. 242 с.
4. Федеральный закон №123. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Принят Государственной Думой 4 июля 2008 года.
5. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. М.: Стандартинформ, 2014.

References

1. Operativnaya informacziya // Sajt MChS Rossii. URL:<http://www.mchs.gov.ru/operationalpage> (data obrashheniya: 06.11.2018).
2. Metodika opredeleniya raschetnyx velichin pozhnogo riska na proizvodstvennyx ob"ektax (utv. prikazom MChS Rossii ot 10.07.2009 g. № 404, s izm.).
3. Posobie po opredeleniyu raschetnyx velichin pozhnogo riska dlya proizvodstvennyx ob"ektov / D.M. Gordienko i dr. – M.: VNIPO, 2012. – 242 s.
4. Federal'nyj zakon №123–FZ. Tehnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti. Prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 4 iyulya 2008 goda.
5. GOST R 12.3.047-2012. SSBT. Pozhnaya bezopasnost` tehnologicheskix proczessov. Obshhie trebovaniya. Metody kontrolya. – M.: Standartinform, 2014.