

УДК 614.842.864

satyukovr@yandex.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**APPLICATION OF FIRE RISK ASSESSMENT METHODS IN DETERMINING
THE NUMBER AND TECHNICAL EQUIPMENT OF
FIRE DEPARTMENTS OF THE ENTERPRISE**

*Умаров А. С.,
Главное управление МЧС России по Тюменской области, Тюмень,
Сатюков Р. С., кандидат технических наук, доцент,
Зыков П. И., кандидат технических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Umarov A. S.,
The main Department of Ministry of
Russian Federation for Civil Defense in the Tyumen region, Tyumen
Satiukov R. S., Zykov P. I.,
The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Рассмотрена целесообразность применения риск-ориентированного подхода при построении эффективной системы противопожарной защиты объекта, в части определения необходимой численности и технической оснащённости подразделений пожарной охраны предприятия, на примере резервуарного парка хранения нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: пожарная охрана предприятия, численность и техническая оснащённость подразделения пожарной охраны, сценарий пожара, «эффект домино», пожарный риск, резервуарный парк хранения нефтепродуктов.

The expediency of the risk-oriented approach in the construction of an effective system of fire protection of the object, in terms of determining the necessary number and technical equipment of fire departments of the enterprise, on the example of the tank farm storage of oil and petroleum products.

Keywords: fire safety of the enterprise, the number and technical equipment of the fire department, fire scenario, “domino effect”, fire risk, oil products storage tank farm.

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и ограничение последствий их воздействия обеспечивается различными способами, одним из которых, в соответствии со статьей 52 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1], является организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Одним из ключевых моментов в обеспечении эффективного тушения пожаров на взрывопожароопасных производственных объектах является определение требуемой численности и технического оснащения подразделений пожарной охраны, а также мест их размещения.

В соответствии со статьей 97 Федерального закона № 123-ФЗ [1] подразделения пожарной охраны и

пожарные депо размещаются на производственных объектах, среди которых имеются объекты с наличием зданий и помещений, отнесенных к взрывопожароопасным категориям А и Б общим объемом более 100000 м³, а также на наружных технологических установках с одновременно обращающимися пожароопасными, пожаровзрывоопасными и взрывоопасными технологическими средами массой более 100000 тонн.

Методика определения численности и технической оснащенности пожарной охраны предприятия для организации и осуществления тушения пожаров изложена в СП 232.1311500.2015 «Пожарная охрана предприятий. Общие требования» [2], при этом тип и количество пожарных автомобилей подразделений пожарной охраны на производственных объектах определяются с учетом привлекаемых для тушения пожара сил и средств пожарно-спасательного гарнизона поселения или городского округа исходя из установленного частью 1 статьи 76 Федерального закона № 123-ФЗ [1] условия прибытия к месту пожара.

В свою очередь, в соответствии с требованиями СП 11.13130.2009 «Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения» [3], условия прибытия к месту пожара определяются исходя из необходимости достижения одной или одновременно нескольких целей выезда подразделений пожарной охраны на пожар, среди которых:

- цель № 1: ликвидация пожара прежде, чем его площадь превысит площадь, которую может потушить один дежурный караул;
- цель № 2: ликвидация пожара прежде, чем наступит предел огнестойкости строительных конструкций в помещении пожара;
- цель № 3: ликвидация пожара

прежде, чем опасные факторы пожара, достигнут критических для жизни людей значений.

Учитывая многообразие как самих производственных объектов, так и возможных сценариев возникновения и развития пожаров на них, эффективность организации деятельности пожарной охраны предприятия и пожарно-спасательного гарнизона в целом, в том числе зависит от правильного выбора расчетной схемы и параметров развития пожара на объекте.

В свою очередь п. 6.1 СП 232.1311500.2015 [2] содержит достаточно обобщенные требования к выбору расчетного сценария пожара, в соответствии с которыми «выбирают наиболее пожароопасный объект на территории предприятия, характеризующийся наибольшей возможной площадью пожара и наиболее высокой скоростью распространения пламени, и схему развития пожара в соответствии с пожарной нагрузкой, характерной для выбранного объекта».

Например, в соответствии с методикой СП 232.1311500.2015 [2], для объектов с наличием легковоспламеняющихся жидкостей (далее – ЛВЖ) и горючих жидкостей (далее – ГЖ) рассматриваются следующие варианты развития пожара:

- а) горение свободно растекающихся ЛВЖ и ГЖ;
- б) горение растекающихся ЛВЖ и ГЖ из магистральной линии насоса на неограниченную поверхность;
- в) горение на фиксированной площади (на поверхности резервуара или в обваловании).

По-другому рассматривается пожар с линейно увеличивающейся площадью и пожар с постоянной площадью, не выходящий за пределы обвалования или ограждающей стены.

На основании рассмотрения статистических данных и результатов

исследований [4, 5, 6] развития пожаров на аналогичных объектах, увеличение площади пожара может происходить не линейно, а «ступенчато», что связано с возможностью разрушения аппаратов, емкостей и трубопроводов в результате взрыва, гидродинамического воздействия волны прорыва, длительного теплового воздействия, приводящего к каскадному развитию пожара или «эффекту домино» по зарубежной терминологии.

Под «эффектом домино» понимается такой неблагоприятный сценарий развития аварийной ситуации, при котором (вследствие несовершенства систем защиты и (или) неверных

действий персонала) возможен выход поражающих факторов аварии за пределы аварийного блока, оборудования или объекта и вовлечение опасного вещества, находящегося в расположенном рядом неаварийном оборудовании, в последующую стадию развития аварии.

Результаты исследований частоты реализации «эффекта домино» и её зависимости от вида обращающегося вещества и типа технологического оборудования [7], представленные на рисунке 1, свидетельствуют, что более 2/3 аварий на оборудовании с пожаровзрывоопасными и взрывоопасными технологическими средами развиваются каскадно.

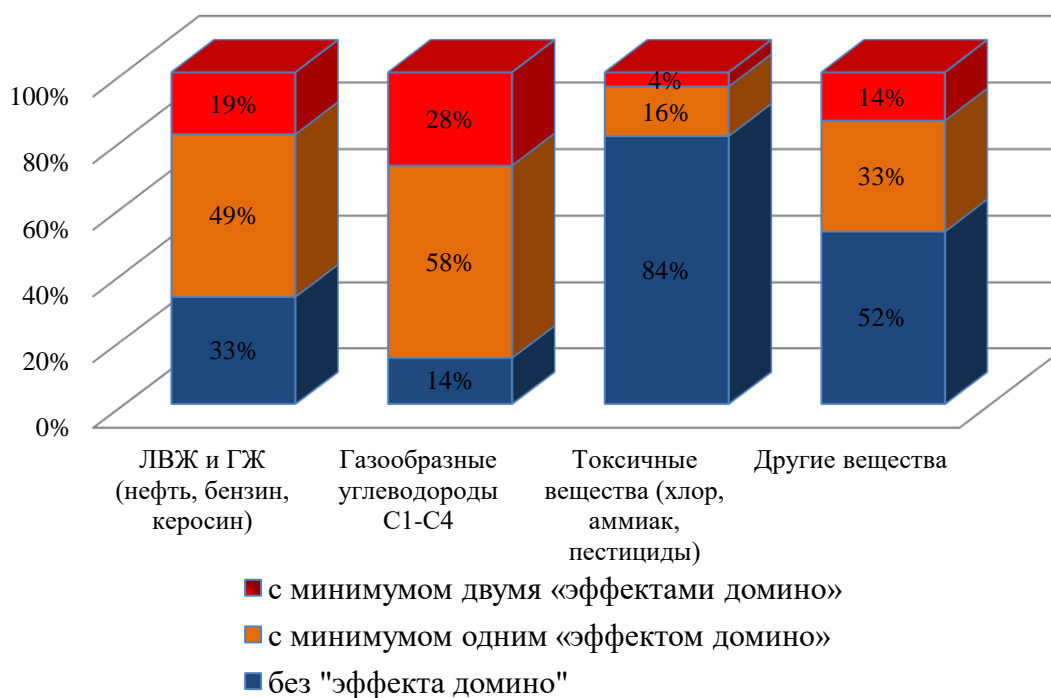


Рисунок 1. Результаты статистической обработки данных об авариях, получивших развитие с «эффектом домино» [7]

Наиболее показательным, в этой связи, является процесс развития пожаров в резервуарных парках хранения нефти и нефтепродуктов [8, 9].

Пожары указанной категории объектов, по степени развития, можно разделить на три уровня:

I уровень – «А»: характеризуется

возникновением и развитием аварийной ситуации с переходом в пожар на одном резервуаре или пожар разлива нефтепродуктов в пределах обвалования, в котором расположен один или несколько резервуаров, без влияния на смежные группы резервуаров;

II уровень – «Б»: характеризуется

развитием пожара за пределы обвалования и возможным его продолжением в пределах резервуарного парка;

III уровень – «В»: характеризуется развитием пожара с возможным переходом на смежные технологические объекты, здания и сооружения на территории предприятия и за его пределами, с возможным поражением опасными факторами пожара персонала предприятия и населения, расположенного на территории примыкающей к предприятию.

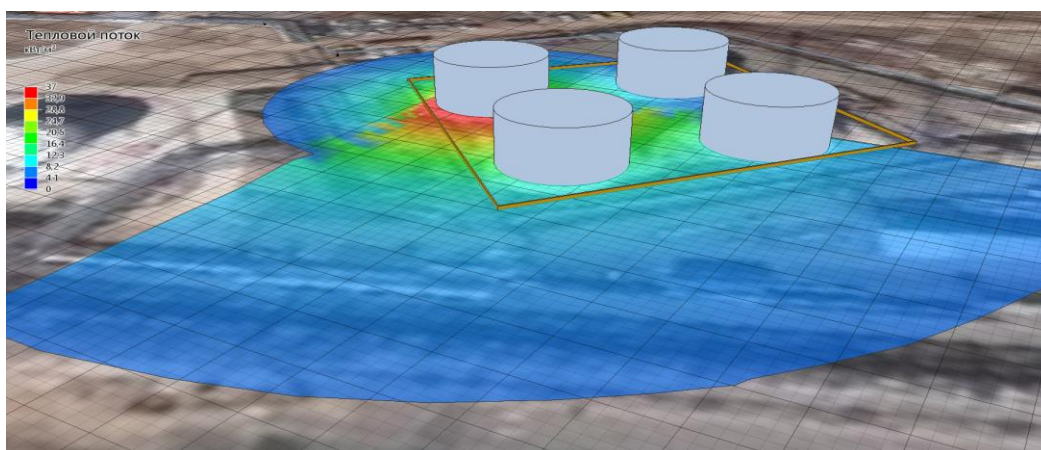
На основании требуемого количества сил и средств, обеспечивающих локализацию пожара до его перехода на следующий уровень и дальнейшую его ликвидацию, каждому уровню (стадии) пожара может быть

отнесен соответствующий номер вызова подразделений пожарной охраны.

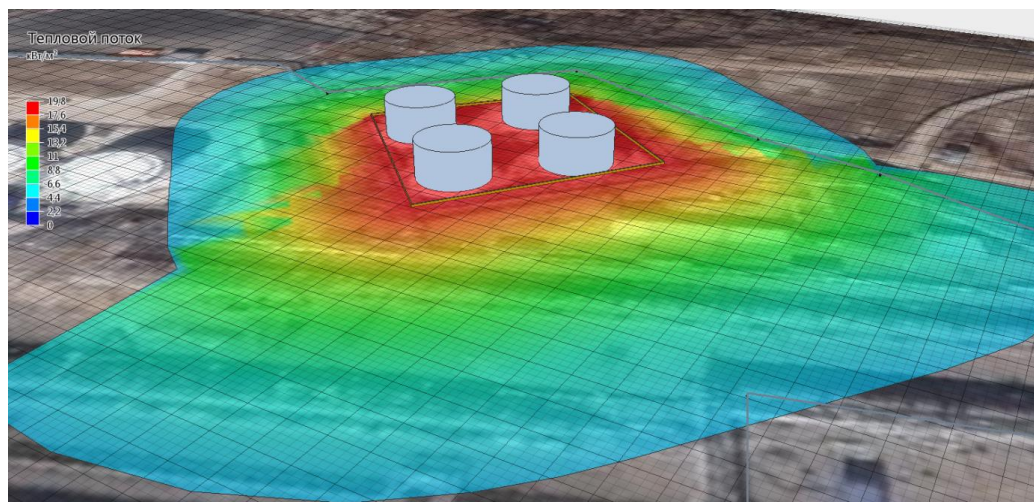
Эффективное тушение пожара силами и средствами, прибывающими по различным номерам вызова, обеспечивается только в пределах интервалов времени, ограниченных наступлением условий перехода пожара на следующий уровень.

В качестве примера, на рисунке 2 представлены проекции зон теплового воздействия пожара в резервуарном парке хранения нефтепродуктов, развивающегося по различным сценариям. Представленные результаты получены посредством математического моделирования с использованием программы PromRisk, входящей в состав программного комплекса FireCat.

а)



б)



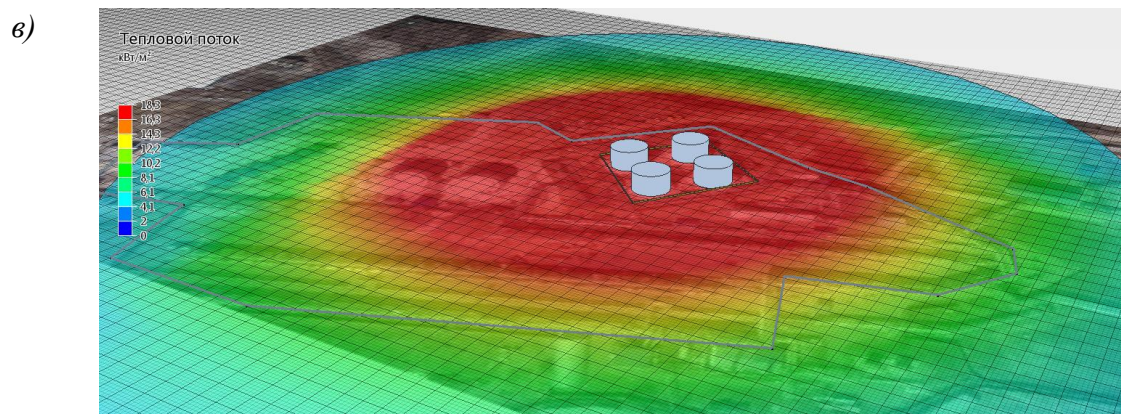


Рисунок 2. Проекция зон теплового воздействия пожара в резервуарном парке хранения нефтепродуктов, для различных сценариев его развития: а) пожар по всей поверхности резервуара; б) пожар пролива в пределах обвалования; в) пожар пролива за пределами обвалования в результате квазимгновенного разрушения резервуара

Из представленных на рисунке 2 сведений и указанных в таблице 1 численных значений расчетных параметров различных сценариев пожара

видно, что рассматриваемые сценарии существенно различаются не только площадью пожара, но и размерами зон опасного теплового воздействия.

Таблица 1
Расчетные параметры развития сценариев пожара

Наименование параметра	Для сценария пожара по всей поверхности резервуара	Для сценария пожара пролива в пределах обвалования	Для сценария пожара пролива за пределами обвалования в результате квазимгновенного разрушения резервуара
Площадь, пожара, м ²	408,3	5656	61322,7
Площадь зоны опасного теплового воздействия на соседние резервуары, м ²	1437	8970	88307
Максимальное расстояние от центра пожара, на котором величина теплового потока превышает критическое значение 12,1 кВт/м ² , м	58,8	134,4	341,4

Например, третий сценарий (см. рисунок 2в) может быть отнесен к уровню пожара «Б», или даже «В», поскольку характеризуется развитием пожара за пределами обвалования и возможным переходом на смежные технологические объекты. Такой

сценарий, в соответствии с методиками [2, 3] в качестве расчетного, при определении требуемой численности пожарной охраны не рассматривается, и как показывает проведенный анализ документов предварительного планирования действий по тушению

пожара, разрабатываемых в подразделениях противопожарной службы, в подавляющем большинстве случаев не учитывается.

Между тем, статистика возникновения и развития аварий в резервуарных парках, переходящих в пожар, позволяет утверждать, что третий сценарий (см. рисунок 2в) может быть рассмотрен в качестве первичного, поскольку он может являться следствием квазимгновенного разрушения резервуара [10].

Очевидным является тот факт, что в настоящее время построение эффективной системы противопожарной защиты объекта, одной из важнейших составляющих которой являются подразделения пожарной охраны предполагает учитывать помимо масштабов возможного развития пожара и вероятность их возникновения.

Указанный подход может быть реализован при использовании методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [11], регламентирующей порядок определения частоты возникновения различных сценариев пожара и содержащей необходимые для этого сведения.

При этом, на наш взгляд, необходимо исходить из условия, что количество сил и средств подразделения пожарной охраны объекта, должно быть достаточным для самостоятельной

ликвидации пожаров, развивающихся по сценарию, частота реализации которого превышает 10^{-5} год⁻¹. Кроме этого, ликвидация таких пожаров должна наступить до их перехода на следующий, вышестоящий уровень развития.

Важно, чтобы количество сил и средств подразделения пожарной охраны объекта было достаточным для ограничения развития сценария, связанного с каскадным развитием пожара, входящих в группу с частотой возникновения, превышающей 10^{-6} год⁻¹ в течение времени, необходимого для прибытия привлекаемых для тушения пожара дополнительных сил и средств пожарно-спасательного гарнизона поселения или городского округа.

Представленные в таблице 2 результаты определения частоты возникновения различных сценариев пожара в резервуарном парке, в зависимости от количества резервуаров в группе, проранжированные от наиболее вероятного к наименее вероятному сценарию, наглядно демонстрируют, что предлагаемый подход не только позволяет обосновать выбор единичного сценария пожара в качестве расчетного, но и учитывает количество оборудования на объекте, содержащего пожаро- и взрывопожароопасные среды, что косвенно характеризует масштабы возможного каскадного развития пожара.

Таблица 2
Сведения о расчетной частоте возникновения различных сценариев пожара в резервуарном парке хранения нефти и нефтепродуктов

№	Описание сценария пожара	Количество резервуаров в группе			
		1	2	3	4
1	Пожар на дыхательной арматуре	$9,00 \times 10^{-5}$	$1,80 \times 10^{-4}$	$2,70 \times 10^{-4}$	$3,60 \times 10^{-4}$
2	Пожар по всей поверхности резервуара	$9,00 \times 10^{-5}$	$1,80 \times 10^{-4}$	$2,70 \times 10^{-4}$	$3,60 \times 10^{-4}$
3	Пожар пролива в пределах обвалования на площади 379,6 м ²	$1,32 \times 10^{-6}$	$2,64 \times 10^{-6}$	$3,96 \times 10^{-6}$	$5,28 \times 10^{-6}$

4	Пожар пролива по всей площади обвалования 5656 м ²	4,80×10 ⁻⁷	9,60×10 ⁻⁷	1,44×10 ⁻⁶	1,92×10 ⁻⁶
5	Пожар пролива внутри и за пределами обвалования на площади 61322,7 м ²	2,50×10 ⁻⁷	5,00×10 ⁻⁷	7,50×10 ⁻⁷	1,00×10 ⁻⁶

В заключение необходимо отметить, что для определения количества сил и средств, требуемых для ликвидации на объектах с наличием наружных технологических установок с пожароопасными, пожаровзрывоопасными и взрывоопасными технологическими средами пожаров на различных стадиях его развития требуется разработка иной методики, учитывающей:

- вероятность реализации различных сценариев возникновения и каскадного развития пожара;
- возможную продолжительность каждой стадии пожара при различных

условиях;

– влияние боевых действий пожарных подразделений на скорость развития пожара и продолжительность каждой стадии.

Внедрение в практику такой методики позволит не только повысить эффективность организации деятельности пожарной охраны предприятий, но и что немаловажно, позволит разграничить сферы ответственности и объемы затрат на защиту объекта от пожаров между различными видами пожарной охраны, входящей в состав пожарно-спасательного гарнизона.

Литература

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. СП 232.1311500.2015 Пожарная охрана предприятий. Общие требования.
3. СП 11.13130.2009 Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения.
4. Азаров Н. И. и др. Анализ возможности каскадного развития аварии на взрывопожароопасных объектах // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 5. – С. 42–47.
5. Швырков С. А. и др. Особенности разработки сценариев возникновения и развития пожара (аварии) при разрушении резервуара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2012. – № 3. – С. 54–57.
6. Delvosalle, C. 1996: Development of a methodology for the identification of potential domino effects based on a analysis of past accidents. Dr. ir. Christian DEL VOSALLE, Paper presented at the First Eur. Symp. on Domino Effect, Leuven, Sept. 1996.
7. Kourniotis S. P., Kiranoudis C. T., Markatos N. C. Statistical Analysis of Domino Chemical Accidents // Journal of Hazardous Materials. – 2000.
8. Швырков С. А., Воробьев В. В., Ибатулин Р. К. Опасность каскадного развития пожара в резервуарном парке при ветровом воздействии // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 4 (74). – С. 41–48.
9. Сатюков Р. С., Хафизов И. Ф., Контбойцев Е. А. Дифференцированный подход к определению расстояний между резервуарами на складах нефти и нефтепродуктов // Нефтегазовое дело. – 2013. – № 1. – С. 459–468.
10. Швырков С. А. и др. Статистика квазимгновенных разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – Т. 16, № 6. – С. 48–52.
11. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

References

1. Federal Law of July 22, 2008 № 123-ФЗ "Technical Regulations on Fire Safety Requirements".
2. SP 232.1311500.2015 Fire protection of enterprises. General requirements.
3. SP 11.13130.2009 Location of fire departments. The procedure and methodology for determining.
4. Azarov N. I. et al. Analysis of the possibility of cascading development of an accident at explosive and fire hazardous objects // Labor safety in industry. 2007. № 5. P. 42–47.

5. Shvyrkov S. A. et al. Features of developing scenarios for the occurrence and development of a fire (accident) during the destruction of the tank // Fires and emergencies: prevention, elimination. – 2012. – № 3. – P. 54–57.

6. Delvosalle C. 1996: Development of a methodology for the identification of potential domino effects based on a analysis of past accidents. Dr. ir. Christian DEL VOSALLE, Paper presented at the First Eur. Symp. on Domino Effect, Leuven, Sept. 1996.

7. Kourniotis S. P., Kiranoudis C. T., Markatos N. C.: Statistical Analysis of Domino Chemical Accidents // Journal of Hazardous Materials. – 2000.

8. Shvyrkov S. A., Vorobiev V. V., Ibatulin R. K. The danger of cascading fire development in the tank farm during wind exposure // Technosphere Security Technologies. – 2017. – № 4 (74). – P. 41–48.

9. Satyukov R. S., Hafizov I. F., Kontoboytsev E. A. A differentiated approach to determining the distances between reservoirs in oil and oil products warehouses // Oil and Gas Business. – 2013. – № 1. – P. 459–468.

10. Shvyrkov S. A. et al. Statistics on quasi-instantaneous destruction of reservoirs for storing oil and oil products // Fire and explosion safety. – 2007. – Vol. 16, № 6. – P. 48–52.

11. Order of the Ministry of Emergencies of the Russian Federation of July 10, 2009 № 404 "On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities".