

УДК 614.841

## ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В СЛОЙ ГОРЮЧЕГО

Кокорин В.В.<sup>1</sup>, Романова И.Н.

Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России,  
г. Екатеринбург, e-mail: <sup>1</sup>v.k.ekb@yandex.ru

Хафизов Ф.Ш.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

**Аннотация.** В данной статье описан способ тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в вертикальных стальных резервуарах подачей низкократной пленкообразующей пены в основание резервуара непосредственно в слой горючего. Кратко изложены проблемы тушения пожаров в резервуарах с плавающей крышей или понтоном при тушении пожаров подслоинным способом. Основными проблемами являются: загрязнение пены нефтью и нефтепродуктами, время подъема пены на поверхность резервуара, образование недоступных для тушения «карманов» и т.д. Приведенные в статье примеры пожаров в резервуарах и резервуарных парка за последние годы в России и за рубежом более наглядно показывают необходимость доработки и усовершенствования системы подслоинного тушения пожаров.

**Ключевые слова:** резервуар, тушение пожаров, горючая жидкость, пена, система труб, рукав

На сегодняшний день в России насчитывается парк резервуаров для нефтепродуктов общей емкостью около 100 млн. тонн. Но в связи с экономическими преобразованиями в стране строительство резервуаров практически прекратилось. К тому же, из имеющихся на балансе предприятий нефтяной промышленности Российской Федерации резервуарных парков 80 % находится в состоянии, требующем ремонта и технологического обслуживания различного уровня. Постепенно возрастает процент резервуаров непригодных к эксплуатации. Ежегодно увеличивается количество резервуаров отработавших свой нормативный срок. Поэтому при сложившейся ситуации ежегодно будет выбывать из технологического режима работ почти 10 % резервуаров [12, 13].

Несмотря на определенный прогресс, достигнутый в обеспечении пожарной безопасности, резервуары для нефти и нефтепродуктов остаются одними из наиболее опасных объектов. Это связано с целым рядом причин, которые до сих пор остаются нерешенными [5]. Впоследствии происходят пожары, наносящие огромный ущерб действующим предприятиям. Вот некоторые из них [20]. В мае 2001 года произошел крупный пожар на нефтяной компании "ЛУКОЙЛ" нефтеперерабатывающего завода "Петротел-ЛУКОЙЛ" возле города Плоешти (Румыния). Огонь охватил один из резервуаров с бензином, в непосредственной близости от оча-

га возгорания находились еще пять стационарных емкостей с горючим, технологические установки, поселок работников предприятия. Пожар был ликвидирован спустя 10 часов после его начала. В августе 2003 г. в г. Пуэртольяно (провинция Сьюдад-Реаль, Испания) на нефтеперерабатывающем заводе компании "Repsol YPF SA" произошел взрыв с последующим возгоранием емкостей с нефтепродуктами. Начавшийся пожар продолжался около трех суток. В декабре 2005 года произошло три взрыва с последующим горением на нефтехранилище Bansfield, расположенном к северу от Лондона. Bansfield – 5-е по величине нефтехранилище Великобритании, в котором содержится до 5 % всех нефтепродуктов страны. Оно расположено в 40 км от Лондона и обеспечивает нефтепродуктами юго-восток Англии, в том числе аэропорт Хитроу. Более 60 часов продолжалась борьба с огнем в 20 основных резервуарах с топливом. В марте 2009 года в Мозыре (Беларусь) на территории парка светлых нефтепродуктов ОАО "Мозырский нефтеперерабатывающий завод" концерна "Белнефтехим" произошел пожар в стальном резервуаре объемом 10 тыс. куб. метров для хранения бензина. В резервуаре находилось 3 тыс. литров бензина марки АИ-92. Тушение продолжалось более суток. В августе 2009 года в Ханты-Мансийском автономном округе на нефтебазе «Конда», принадлежащей предприятию ОАО «Сибнефтепровод», произошел крупный пожар: сгорели несколько резервуаров с нефтью площадью около 23 гектаров. В резервуарном парке станции находятся восемь резервуаров типа РВС- 20000. На момент возникновения пожара общий объем находящейся на базе нефти равнялся 160 тысячам кубических метров. Тушение продолжалось двое суток. В октябре 2009 года на нефтеперерабатывающем заводе Caribbean Petroleum близ города Катано (Пуэрто-Рико) взорвались несколько емкостей для хранения нефти, что привело к беспрецедентному по силе пожару. Первоначальный взрыв уничтожил 11 резервуаров, возникший пожар быстро распространился на близлежащие резервуары с бензином, авиационным топливом и дизельным топливом. Из 40 резервуаров нефтеперерабатывающего завода 21 были полностью разрушены. Пожар продолжался несколько суток. В сентябре 2010 года на территории ОАО «Ново-Уфимский нефтеперерабатывающий завод» в Уфе (один из крупнейших в России по мощности первичной переработки нефти) произошел взрыв и возник пожар. В феврале 2011 года на нефтеперерабатывающем заводе в городе Байджи в 200 км от Багдада прогремел взрыв, который привел к прекращению работы крупнейшего иракского НПЗ. Нефтеперерабатывающий завод города Байджи (примерно 180 км севернее Багдада) ежедневно производит 11 млн литров бензина, 7 млн литров бензола и 4,5 млн литров керосина. На заводе начался сильнейший пожар.

Как мы видим на примерах пожаров в резервуарных парках существующие на сегодняшний день стационарные системы противопожарной защиты вертикальных стальных резервуаров не обеспечивают достаточной защиты, не говоря уже о быстром тушении пожаров. Около четверти общих затрат тратятся на рабо-

тоспособность таких систем, но в России не зарегистрировано ни одного успешного случая тушения пожара резервуара только при помощи таких установок за последние годы [12]. Чаще всего пожар в резервуаре начинается с взрыва паровоздушной смеси. Взрыв приводит к подрыву крыши, вследствие чего происходит выход из строя данных систем в начальный момент аварии: в 75 % случаях выходили из строя пеногенераторы, в 25 % подводящие трубопроводы [2, 3, 8]. Только благодаря привлечению передвижной пожарной и иной техники тушились пожары на резервуарах с самыми неблагоприятными последствиями аварий [10, 11]. Все это поспособствовало к разработке более новых технологий тушения пожаров. Наиболее перспективным из которых является тушения пожаров подачей огнетушащей пены в слой горючей жидкости (подслойное тушение).

Подслойное тушение пожара – способ тушения пожара нефти и нефтепродукта в резервуаре подачей низкократной пленкообразующей пены в основание резервуара непосредственно в слой горючего [4, 7]. Впервые был применен в Швеции, в США данный способ стали применять с 1972 г [14, 17]. Очевидно, что подслоный способ подачи пены наиболее безопасный способ тушения пожаров для личного состава подразделений и пожарной техники.

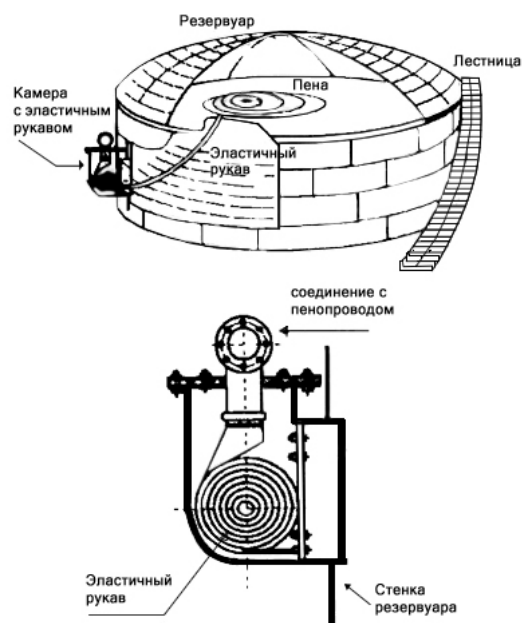


Рис. 1. Стационарная установка пожаротушения для подачи пены в основание резервуара через эластичный рукав на поверхность горючего

Тушение пожара в вертикальных стальных резервуарах подачей пены в слой осуществляется двумя способами. Первый заключается в подаче низкократной пены снизу через эластичный рукав. Рукав защищает пену от взаимодействия с горючей жидкостью. По статистике этот способ очень ненадежный, т.к. устройство по раскатке рукава в 90 % случаев выходит из строя. Второй способ – подача

низкократной пены в слой горючей жидкости через смонтированный трубопровод на дне резервуара. Второй способ стал наиболее надежным и простым в исполнении [9].

Чтобы использовать подслоный способ тушения необходимо оборудовать вертикальный стальной резервуар системой труб. Эта система имеет свои сложности и требует специальных навыков в ее оснащении. Такая система монтируется на дне резервуара, тем самым является надежной и не выходит из строя в начальный момент аварии при взрыве паровоздушной среды. Это подтверждается многочисленными огневыми испытаниями на существующих вертикальных стальных резервуарах в Альметьевске, Перми, Астрахани и т.д. [13].

Для тушения пожаров подслоным способом применяют специальную пену из пленкообразующих пенообразователей. Такие виды пенообразователей изготавливают на фторированной основе типа «Легкая вода», которые позволяют образовывать водную пленку и самопроизвольно растекающиеся по зеркалу горючей жидкости. К тому же они имеют длительный гарантийный срок хранения. США полностью перешло на использование фторсодержащих пен при подаче подслоным способом [18]. К тому же, исследования показали, что пена на такой основе имеет более высокую устойчивость к нагреванию [15, 16, 19]. Это подтверждается результатами испытаний пенообразователей различных видов, использованных в системе подслоного тушения пожаров [6].

Данная система тушения пожаров высокоэффективна при тушении пожаров в вертикальных стальных резервуарах со стационарной крышей. В резервуарах с плавающей крышей (понтон) система тушения пожаров подслоным способом имеет ряд существенных проблем.

Если возгорание произошло из-за взрыва паровоздушной смеси, то плавающая крыша (понтон) может быть полностью или частично затоплена в горючей жидкости. При полностью затопленной плавающей крыше (понтоне) система накрывается сверху и может потерять свою работоспособность. Частично затопленная плавающая крыша (понтон) приводит к образованию «карманов» [1]. «Карман» – объем, в котором горение и прогрев жидкости, а также теплообмен при подаче воздушно-механической пены происходит независимо от остальной массы горючего в резервуаре [9]. В этом случае стационарная система противопожарной защиты резервуаров и передвижная пожарная техника малоэффективны в тушении такого рода пожаров.

Еще одной проблемой является значительное загрязнение пены нефтепродуктом, что сильно сказывается на эффективности тушения. Это происходит из-за того, что на систему подслоного тушения на дне резервуара действует давление. Чтобы осуществить выход пены необходимо создать противодействие на обратный клапан. При его срабатывании произойдет резкое введение пены в слой

горючей жидкости, что побуждает интенсивное перемешивание и тем самым уменьшает огнетушащую способность.



Рис. 2. Загрязнение пены нефтью

Ко всему прочему при тушении пожаров подслоиным способом нам неизвестно количество воды, прошедшее с пеной через слой горючей жидкости на горящую поверхность. Так же следует помнить о том, что поднятие пены на поверхность очень длительный процесс.

Подслоиный способ подачи пены неэффективен при тушении вязких нефтепродуктов, имеющих относительно высокую температуру застывания, так как в этом случае очень сложно продавить слой загустевшей горючей жидкости. К тому же малоэффективен при тушении полярных жидкостей и нефтепродуктов с примесью спиртов.

В завершении данной статьи хотелось бы сказать, что обеспечение пожарной безопасности вертикальных стальных резервуаров на нефтеперерабатывающих предприятиях является главной задачей на сегодняшний день. Только доработка и усовершенствование уже существующей системы подслоиноного тушения пожаров сможет решить все перечисленные выше проблемы и сделать производственные объекты немного безопаснее.

### Литература

1. Безродный И.Ф., Гилетич А.Н., Меркулов В.А. Тушение нефти и нефтепродуктов. Пособие. М.: ВНИИПО, 1996. 216 с.
2. Блинов В.И., Худяков Г.Н. Диффузионное горение жидкостей. М.: АН СССР, 1961. 208 с.
3. Блинов В.И., Худяков Г.Н., Петров И.И., Реутт В.Ч. О движении жидкости в резервуаре при перемешивании ее струей воздуха // Механизм тушения пламени нефтепродуктов в резервуарах. М.: Изд. Мин. Коммунального хозяйства РСФСР., 1958. С. 7-22.
4. ГОСТ Р 53280.2-2010. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Общие технические требования и методы испытания. Часть 2.

Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах.

5. Кондрашова О.Г., Назарова М.Н. Причинно-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2004. №2. 8 с. [http://www.ogbus.ru/authors/Kondrashova/Kondrashova\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Kondrashova/Kondrashova_1.pdf)

6. Молчанов В.П., Шароварников А.Ф., Воевода С.С., Шароварников С.А., Крымов А.М. Закономерности тушения нефтепродуктов в условиях интенсивного движения жидкости при подаче пены в слой горючего // Научно-техническое обеспечение деятельности государственной пожарной службы: Сб. науч. тр. М.: ВНИИПО, 1996. С. 129 - 137.

7. НПБ 203-98. Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования. Методы испытаний. Москва, 1998.

8. Петров И.И., Реутт В.Ч. Тушение пламени жидких топлив методом перемешивания // Новые способы и средства тушения пламени нефтепродуктов. М.: Гостоптехиздат, 1960. С. 30 - 83.

9. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. М.: ГУГПС - ВНИИПО - МИПБ, 2000. 79 с.

10. Сучков В.П., Молчанов В.П. Варианты развития пожара в хранилищах нефтепродуктов // Пожарное дело. 1994. № 11. С. 40 - 44.

11. Сучков В.П., Грабко С.Е., Молчанов В.П. Этот коварный мазут // Пожарное дело. 1993. № 7 - 8. С. 17 - 19.

12. Актуальные проблемы обеспечения устойчивости к возникновению и развитию пожара технологий хранения нефти и нефтепродуктов. Тематический обзор. М.: ЦНИИТЭнефтехим. 68 с.

13. Шароварников А.Ф., Молчанов В.П., Воевода С.С., Шароварников С.А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. Москва, 2007. 380 с.

14. Application of foam in the petroleum industry // Fire Int. 1986. Volume 10. № 98. P. 582 (148/3-1).

15. Call for a fair hearing for monitors // Fire. 1987. № 983. P. 35.

16. Foam system well proven against oil tank fires // Fire. 1988. № 993. P. 40.

17. Nash P., Whittle J. Fighting Fires in Oil storage Tanks. Using base injection of foam: Part 2 // Fire Technol. 1978. Volume 14. № 2. PP. 147 - 158.

18. Nash P., Whittle J. Fighting Fires in Oil storage tanks. Using Base Injection of foam: Part 1 // Fire Technol. 1978. Volume 14. № 1. PP. 15 - 27.

19. The reason we use light Water AFFF/AIC is because we fight // Hazardous Cargo Bulletin. 1988. Volume 4. P. 67.

20. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. URL: <http://www.mchs.gov.ru>

## THE PROBLEMS OF EFFECTIVE FIRE SUPPRESSION OF VERTICAL STEEL STORAGE TANKS IN THE FUEL LAYER

V.V. Kokorin <sup>1</sup>, I.N. Romanova

*Ural State institute of fire fighting service of Emergency Control Ministry of Russia,  
Ekaterinburg, Russia, e-mail: <sup>1</sup>v.k.ekb@yandex.ru*

F.Sh. Khafizov

*Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia*

**Abstract.** *This article describes a process of oil and petroleum products extinguishing in the vertical steel tanks by supplying low expansion film-forming foam in the bottom of the tank directly into fuel the layer. It is summarized the problem of extinguishing fires in floating roof tanks or pontoon by subsurface suppression. The main problems of the article are: pollution of oil and oil foam, the foam during ascent to the surface of the reservoir, the formation of "pockets" inaccessible for suppression etc. Given examples of fires in storage tanks and tank park in recent years in Russia and abroad point the need to refine and improve the system of subsurface suppression.*

**Keywords:** *tank, fire suppression, flammable liquid, foam, piping, hose*

### References

1. Bezrodnyi I.F., Giletich A.N., Merkulov V.A. Tushenie nefi i nefteproduktov. Posobie (Oil and petroleum products fire extinguishing. Guidebook). Moscow, VNIPO, 1996. 216 p.
2. Blinov V.I., Khudyakov G.N. Diffuzionnoe gorenje zhidkosti (Diffusion combustion of liquids). Moscow, AN SSSR, 1961. 208 p.
3. Blinov V.I., Khudyakov G.N., Petrov I.I., Reutt V.Ch. O dvizhenii zhidkosti v rezervuare pri peremeshivanii ee struei vozdukha (On the fluid motion in the tank while stirring her by jet air) in *Mekhanizm tusheniya plameni nefteproduktov v rezervuarakh* (The mechanism of flame extinguishing of oil products in the tanks). Moscow, Izd. Min. Kommunkhoza RSFSR, 1958. PP. 7-22.
4. GOST R 53280.2-2010. Automatic fire extinguishing systems. Fire extinguishing media. Part 2. Foams concentrate for subsurface extinguishing of fires oil and petroleum tanks. General technical requirements and test methods.
5. Kondrashova O.G., Nazarova M.N. Prichinno-sledstvennyi analiz avarii vertikal'nykh stal'nykh rezervuarov (Causal analysis of accidents with vertical steel tanks), *Electronic scientific journal "Neftegazovoe delo – Oil and Gas Business"*, 2004, Issue 2, 8 p. [http://www.ogbus.ru/authors/Kondrashova/Kondrashova\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Kondrashova/Kondrashova_1.pdf)
6. Molchanov V.P., Sharovarnikov A.F., Voevoda S.S., Sharovarnikov S.A., Krymov A.M. Zakonomernosti tusheniya nefteproduktov v usloviyakh intensivnogo dvizheniya zhidkosti pri podache peny v sloi goryuchego (Regularities in extinguishing of oil products with intensive liquid motion when applying foam in layer of fuel) in

*Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie deyatel'nosti gosudarstvennoi pozharnoi sluzhby (Scientific and technical support of the State Fire Service: collection of scientific papers)*. Moscow, VNIPO, 1996. PP. 129 - 137.

7. NPB 203-98. Foams concentrate for subsurface extinguishing of fires of oil and petroleum in tanks. General technical requirements. Test methods. Moscow, 1998.

8. Petrov I.I, Reutt V.Ch. Tushenie plameni zhidkikh topliv metodom peremeshivaniya (Extinguishing the flames of liquid fuels by mixing) in *Novye sposoby i sredstva tusheniya plameni nefteproduktov (New ways and tools extinguish the flame of oil products)*. Moscow, Gostoptekhizdat, 1960. PP. 30 - 83.

9. Rukovodstvo po tusheniyu nefti i nefteproduktov v rezervuarakh i rezervuarnykh parkakh (Guide to extinguish fire of oil and oil products in tanks and tank farms). Moscow, GUGPS - VNIPO - MIPB, 2000. 79 p.

10. Suchkov V.P., Molchanov V.P. Varianty razvitiya pozhara v khranilishchakh nefteproduktov (Variants of fire development in storage facilities of petroleum products), *Pozharnoe delo*, 1994, Issue 11, pp. 40 - 44.

11. Suchkov V.P., Grabko S.E., Molchanov V.P. Etot kovarnyi mazut (This insidious fuel oil), *Pozharnoe delo*, 1993, Issue 7 - 8, pp. 17 - 19.

12. Aktual'nye problemy obespecheniya ustoichivosti k vozniknoveniyu i razvitiyu pozhara tekhnologii khraneniya nefti i nefteproduktov. Tematicheskii obzor (Actual problems to achieve resilience to occurrence and development of fire for technologies storage of oil and oil products. Thematic review). Moscow, TsNIITeneftekhim. 68 p.

13. Sharovarnikov A.F., Molchanov V.P., Voevoda S.S., Sharovarnikov S.A. Tushenie pozharov nefti i nefteproduktov (The extinguishing a fire of oil and oil products). Moscow, 2007. 380 p.

14. Application of foam in the petroleum industry // *Fire Int.* 1986. Volume 10. № 98. P. 582 (148/3-1).

15. Call for a fair hearing for monitors // *Fire.* 1987. № 983. P. 35.

16. Foam system well proven against oil tank fires // *Fire.* 1988. № 993. P. 40.

17. Nash P., Whittle J. Fighting Fires in Oil storage Tanks. Using base injection of foam: Part 2 // *Fire Technol.* 1978. Volume 14. № 2. PP. 147 - 158.

18. Nash P., Whittle J. Fighting Fires in Oil storage tanks. Using Base Injection of foam: Part 1 // *Fire Technol.* 1978. Volume 14. № 1. PP. 15 - 27.

19. The reason we use light Water AFFF/AIC is because we fight // *Hazardous Cargo Bulletin.* 1988. Volume 4. P. 67.

20. Emergency Control Ministry of Russia. <http://www.mchs.gov.ru/eng/>