

УДК 614.841

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ
В РЕЗЕРВУАРАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ
ОБЪЕМОМ 5000 М³ ПРИ ПОДАЧЕ ПЕНЫ В СЛОЙ ГОРЮЧЕЙ
ЖИДКОСТИ**

Кокорин В.В., Хафизов Ф.Ш., Контобойцев Е.А.
ФГБОУ ВПО Уральский институт ГПС МЧС России,
ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический университет
e-mail: v.k.ekb@yandex.ru

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.

Ключевые слова: резервуар, тушение пожаров, горючая жидкость, пена.

В соответствии со СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» вертикальные стальные резервуары объемом 5000 м³ должны защищаться стационарными автоматическими установками пенного пожаротушения. Но по статистике большая часть резервуаров ими не тушатся. Это подтверждается пожарами, произошедшими в России и за рубежом. Вот некоторые из них:

В декабре 2005 года в Англии произошел самый большой со времен второй Мировой войны пожар на нефтехранилище Bansfield. 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 первоначальный момент пожара произошло несколько мощных взрывов, из-за которых стационарные средства тушения вышли из строя. Произошло растекание горячей жидкости по резервуарному парку, что поспособствовало увеличению площади пожара. Более 150 пожарных, привлеченных для тушения, ничего не смогли сделать. К тому же была угроза повторного взрыва. Более 60 часов продолжалась борьба с огнем, пока нефть не выгорела полностью.

В октябре 2009 года произошел сильнейший пожар на нефтеперерабатывающем заводе Катано, принадлежащем компании Caribbean Petroleum в Пуэрто-Рико. Пожар начался с взрыва нескольких емкостей для

хранения нефти. В результате взрыва была зафиксирована сейсмическая волна, эквивалентная землетрясению с магнитудой 3 балла по шкале Рихтера, что привело к уничтожению стационарных средств тушения пожара. Огонь быстро распространился на близлежащие резервуары с бензином, авиационным топливом и дизельным топливом. На тушение были привлечены около 130 пожарных, и пуэрториканская национальная гвардия.

Как мы видим описанные пожары очень серьезные, а время тушения, затраченное на них, значительное. Это связано в первую очередь с тем, что при аварии из строя выходят пеногенераторы, установленные на верхних поясах, и подводящие к ним трубопроводы. Тушение производится, как правило, передвижной пожарной техникой. Такие действия носят затяжной характер и обычно приводят к более сложным последствиям. При этом возрастает требуемое количество воды для защиты и охлаждения соседних резервуаров, а также существует большая угроза для всего персонала и техники, задействованной для тушения пожара.

Наиболее перспективным на сегодняшний день, является тушения пожаров подачей огнетушащей пены в слой горючей жидкости (подслоное тушение) [1]. Подслоное тушение пожара – способ тушения нефти и нефтепродукта в резервуаре подачей низкократной пленкообразующей пены в основание резервуара непосредственно в слой горючего [2]. Впервые был применен в Швеции. Широко используется в ряде развитых зарубежных стран – США, Японии и т.д. [3]. Хотелось отметить, что тушение пожаров подачей пены в слой горючей жидкости начинает активно внедряться и в России [4, 5], хотя в действующей нормативной литературе по данному вопросу информации очень мало. Наибольший вклад в исследования и развитие системы по тушению пожаров подачей пены в слой горючей жидкости внесли С. С. Воевода, В. П. Молчанов, А. Ф. Шароварников и др.

Положительными сторонами данного способа будут являться:

- быстрое прекращение горения,
- высокий уровень безопасности пеногенераторов, пеновводов и личного состава пожарных подразделений,
- разрушение прогретого слоя в резервуаре,
- снижение температуры на поверхности за счет перемешивания слоев и т.д.

Чтобы применять подслоный способ тушения, на стадии проектирования 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 резервуарах в Альметьевске, Перми, Астрахани и т.д. [6]. Так же необходимо смонтировать трубопровод для подачи раствора пенообразователя, представленный на

рисунке 1. В нем раствор пенообразователя подается через высоконапорный пеногенератор, обратный клапан, предохранительную разрывную мембрану и задвижку у стенки резервуара, подается внутрь резервуара. И только пройдя пенные насадки, непосредственно поступает в горючую жидкость [7].

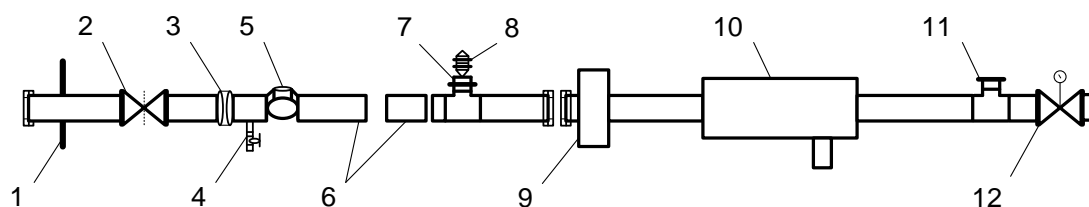


Рисунок 1. Принципиальная схема трубопровода для подачи пены в слой горючего:

1-стенка резервуара, 2-задвижка, 3-предохранительная мембрана, 4-шаровой кран, 5-обратный клапан, 6-пенопровод, 7-задвижка, 8-головка соединительная пожарная, 9-обвалование, 10-ВПГ (блок ВПГ), 11-задвижка для подключения к пожарной технике, 12-электрозадвижка

Но наряду с положительными сторонами имеются и отрицательные:

- время подъема пены со дна резервуара на поверхность представляет собой длительный процесс,
- взаимодействие пены с нефтью или нефтепродуктом приводит к значительному снижению ее огнетушащих качеств.

На основании вышесказанного требуется специальное устройство для подачи огнетушащего вещества в слой горючей жидкости [8], которое повысит эффективность тушения пожаров в вертикальных стальных резервуарах за счет уменьшения времени подъема пены и взаимодействия ее с жидкостью (рисунок 2), а также уменьшит вероятность разрушения противопожарного оборудования при пожаре.

Устройство для тушения жидкостей в вертикальном стальном резервуаре при подаче пены в слой горючего содержит вертикальный резервуар с плавающей крышей (понтон). Плавающая крыша (понтон) фиксированы в резервуаре посредством двух или более жёстко закреплённых внутри резервуара вертикальных направляющих стоек с возможностью свободного возвратно-поступательного перемещения в вертикальной плоскости резервуара.

Каждая направляющая стойка представляет собой трубу, нижний конец которой герметично закреплён на дне резервуара, а верхний конец герметично закрыт заглушкой. Внутри соответствующих направляющих стоек герметично вмонтированы вертикальные трубопроводы для подачи огнетушащего вещества, заканчивающиеся заглушками и снабжённые боковыми разводками с насадками.

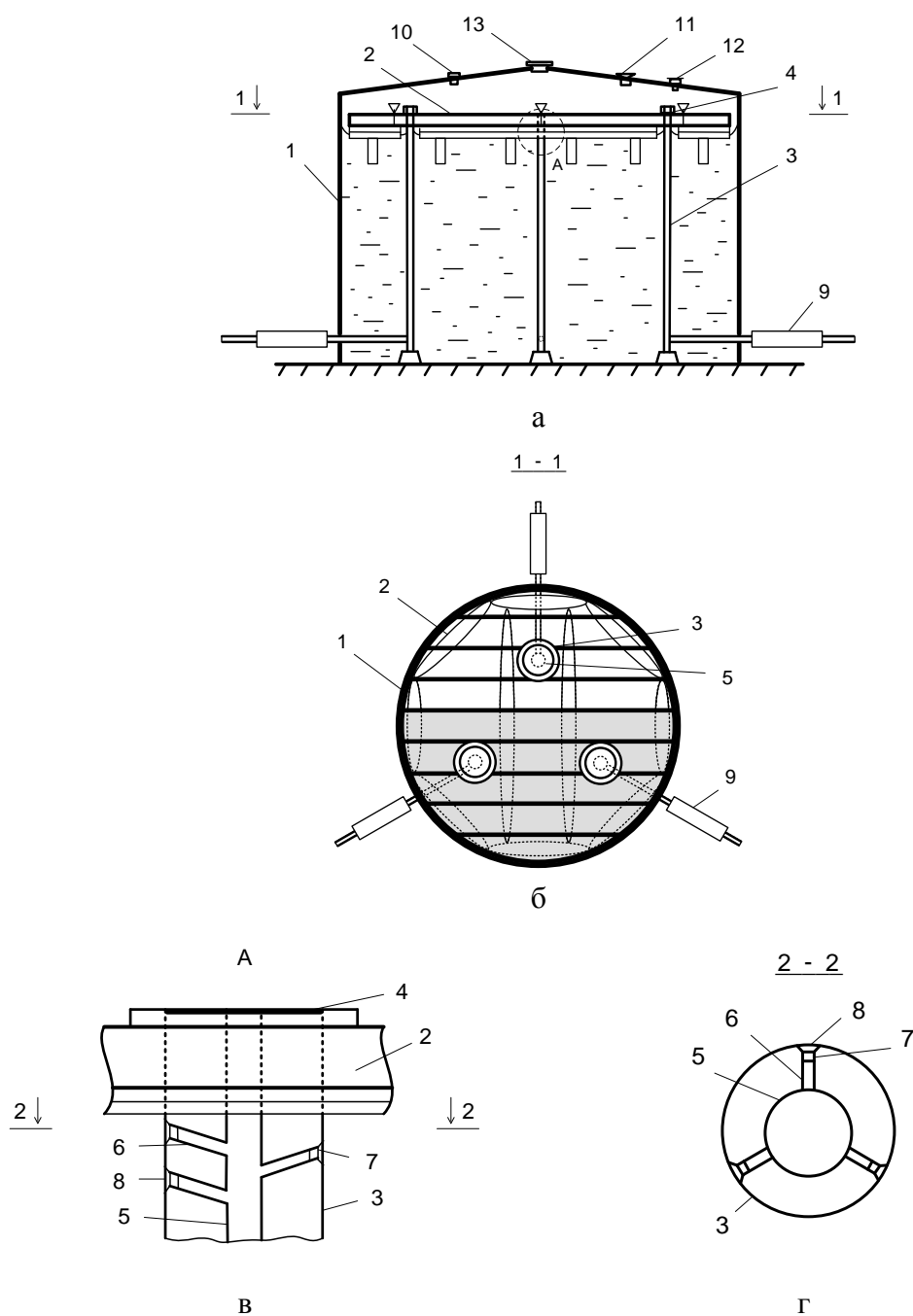


Рисунок 2. Вертикальный стальной резервуар с устройством для тушения жидкостей при подаче пены в слой
 а) общий вид резервуара, б) горизонтальное сечение по понтону (вид 1-1),
 в) вертикальное сечение направляющей стойки под понтоном (вид А),
 г) горизонтальное сечение вертикальной направляющей стойки (вид 2-2).
 1 - вертикальный стальной резервуар; 2 - плавающая крыша (понтон);
 3 - направляющая стойка; 4 – заглушка; 5 - вертикальный трубопровод; 6 - боковые разводки; 7 – насадки; 8 – отверстие; 9 - пускозапорное устройство; 10 - дыхательный клапан; 11 - световой люк; 12 - замерной люк; 13 - вентиляционный патрубок

В вертикальных направляющих стойках выполнены отверстия напротив выходов насадок для распыскивания огнетушащего вещества. Боковые разводки размещены под плавающей крышей или понтоном по высоте всего трубопровода. Первая разводка при полностью заполненном резервуаре размещена в непосредственной близости от нижней поверхности плавающей крыши (понтон). Пускозапорное устройство подключено к вертикальным трубопроводам.

Верхние концы направляющих стоек и свободное пространство в отверстиях около боковых стенок насадок - герметизированы. Разводки могут быть выполнены в разных вариантах: по три, ёлочкой, равномерно по два и т.д. Вид варианта определяется размерами резервуара и объёмом горючей жидкости. Расстояние между разводками для каждого резервуара выбирают таким образом, чтобы при опускании плавающей крыши (понтон) вблизи нижней поверхности понтон всегда находилась разводка. Как показывает опыт, оптимальным является расстояние между разводками, несколько превышающее толщину понтон.

В качестве огнетушащего вещества может быть использован пенообразующий раствор. Пускозапорное устройство может быть выполнено в соответствии со схемой подачи пены, изображенной на рисунке 1 [7]. В данном устройстве, аналогично указанной схеме, пускозапорное устройство подключено к вертикальным трубопроводам для подачи огнетушащего вещества. При этом места ввода пенопровода от пускозапорного устройства в вертикальные направляющие стойки и в резервуар герметизированы. Пускозапорное устройство, подключаемое к вертикальным трубопроводам для подачи огнетушащего вещества, в соответствии с Рекомендациями по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках, содержит (от стенки резервуара): пенопровод, задвижка, предохранительная мембрана, обратный клапан, шаровой кран, пенопровод, обвалование (если предусмотрено), высоконапорный пеногенератор, который подключают к пожарной технике. Кроме того, резервуар может быть снабжён датчиками контроля уровня жидкости.

Устройство работает следующим образом. При возгорании горючей жидкости в резервуаре 1 включается пускозапорное устройство 9 и в вертикальные трубопроводы 5 под давлением поступает огнетушащее вещество – пена для подслоного тушения. С пульта управления открываются насадки 7, и огнетушащая пена поступает в горючую жидкость резервуара и поднимается к её верхнему слою, образуя плотную плёнку. Работоспособность устройства пожаротушения при полностью заполненном резервуаре сохраняется и в случае деформации плавающей крыши (понтон) 2, ее крена или затопления, так как положение первой боковой разводки 6 не изменяется. Одновременно из других боковых разводов пена из огнетушащего вещества поступает в труднодоступные для тушения участки. Кроме того, огнетушащее вещество может поступать в

нижние слои горючей жидкости, барботируя её и предупреждая нагрев нижних слоев жидкости.

Достоинствами предлагаемого устройства для тушения жидкости в вертикальном стальном резервуаре при подаче пены в слой горючего является многократное применение, проста в исполнении, низкая вероятность разрушения противопожарного оборудования при пожаре, ремонтпригодность. Устройство обеспечивает эффективное тушение пожара при образовании труднодоступных участков, обеспечивает возможность организации комбинированного тушения пожара: подслоинным способом и путём подачи огнетушащего вещества сверху непосредственно на зеркало горючей жидкости при незаполненном резервуаре. В результате повышается эффективность пожаротушения.

Для успешной работы данного устройства [8] необходимо рассчитать требуемое количество высоконапорных пеногенераторов и запас раствора пенообразователя для тушения одного резервуара. [7]. Расчеты проводились в программе MathCad.

Таблица 1. Требуемое количество высоконапорных пеногенераторов в резервуаре объемом 5000 м³

Площадь резервуара, S _p , м ²	Нормативная интенсивность, I _н , л/м ² с	Расход пеногенератора, Q, л/с	Количество пеногенераторов, N, шт
408	0,12	10	5
344			5
408		20	3
344			3
408		40	2
344			2
408	0,1	10	5
344			4
408		20	3
344			2
408		40	2
344			1
408	0,08	10	4
344			3
408		20	2
344			2
408		40	1
344			1
408	0,06	10	3
344			3
408		20	2
344			2
408		40	1
344			1

В таблице 1 приведены данные по требуемому количеству высоконапорных пеногенераторов в резервуарах объемом 5000 м³. Как видно из таблицы площадь резервуаров данного объема может быть равной 408 м² и 344 м² [9], нормативная интенсивность подачи огнетушащего вещества 0,06 л/м²с, 0,08 л/м²с, 0,1 л/м²с, 0,12 л/м²с [10], а расход высоконапорного пеногенератора 10 л/с, 20 л/с, и 40 л/с [9]. При уменьшении интенсивности подачи огнетушащего вещества и расхода высоконапорного пеногенератора, уменьшается загрязнение пены нефтепродуктом и уменьшается требуемое количество пенообразователя соответственно.

Таблица 2. Требуемый запас раствора пенообразователя для тушения одного резервуара объемом 5000 м³ в течение 10 минут

Площадь резервуара, S _p , м ²	Нормативная интенсивность, I _н , л/м ² с	Расход пеногенератора, Q, л/с	Кол-во раствора пенообразователя, V _{р-ра} , м ³
408	0,12	10	30
344			30
408		20	36
344			36
408		40	48
344			48
408	0,1	10	30
344			24
408		20	36
344			24
408		40	48
344			24
408	0,08	10	24
344			18
408		20	24
344			24
408		40	24
344			24
408	0,06	10	18
344			18
408		20	24
344			24
408		40	24
344			24

В таблице 2 приведены данные по требуемому запасу раствора пенообразователя для тушения одного резервуара объемом 5000 м³ в течение 10 минут [9, 10]. Как видно из таблицы, чем больше интенсивность подачи пенообразователя и расход пеногенератора, тем требуется большее количество раствора пенообразователя. Для резервуаров небольшого объема площадь влияет незначительно.

Выводы

В завершении данной работы хочется отметить, что обеспечение пожарной безопасности вертикальных стальных резервуаров на нефтеперерабатывающих предприятиях является главной задачей на сегодняшний день. Только полное исследование всех факторов поможет сделать производственные объекты немного безопаснее.

Литература

1. Шароварников А.Ф., Молчанов В. П. Подслоное тушение // Пожарное дело. М.: 1995. № 11. С. 40 - 41.
2. ГОСТ Р 53280.2-2010 Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах // Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Общие технические требования и методы испытания. Ч.2. 8 с. // www1.fips.ru - сайт ФГБУ Федерального института промышленной собственности
3. Application of foam in the petroleum industry // Fire Int. 1986. V. 10. №98. 582 p.
4. Шароварников А.Ф., Молчанов В.П. Тушение пожаров нефтепродуктов в резервуарах подачей пены в слой горючего // Транспорт и хранение нефтепродуктов: сб. ст./ЦНИИТЭнефтехим. 1996. Вып. 8 – 9. С.5 - 10.
5. Перспектива освоения подслоного способа тушения пожаров в стальных резервуарах /Шароварников А.Ф. и др. // Трубопроводный транспорт нефти: сб. ст. / Транспресс.1996. Вып.3. С. 13-16.
6. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов /Шароварников А.Ф. и др. 2-е изд., испр. и доп. М.: изд-во «Пожнаука», 2007. 380 с.
7. Рекомендации по использованию пенообразователей ПО-6А3F и «Меркуловский». М., 2003. 18 с.
8. Пат. 2470686 (RU) МПК А62С3/06, В65В88/34 Устройство для тушения горючих жидкостей в вертикальном стальном резервуаре с плавающей крышей или понтоном. Авторы и патентообладатели: Кокорин В. В. (RU), Хафизов И. Ф. (RU). - Заявка: 2011139735/12, 29.09.2011; Опубл. 27.12.2012. // www1.fips.ru - сайт ФГБУ Федерального института промышленной собственности
9. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. М.: ГУГПС - ВНИИПО – МИПБ, 2000. 79 с.
10. Терехнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. 248 с.

INCREASING OF EFFICIENCY OF FIRE SUPPRESSION IN OIL AND OIL PRODUCTS STORAGE TANKS OF 5000 M³ WHILE BLANKETING A LAYER OF COMBUSTIBLE LIQUID WITH FOAM

V.V. Kokorin, F.Sh. Khafizov, E.A. Kontoboytsev
FSBEI Ural Institute of State Fire Service of Russian Emergencies Ministry,
FSBEI Ufa state petroleum technical university
e-mail: v.k.ekb@yandex.ru

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.

Keywords: tank, fire suppression, flammable liquid, foam.

References

1. Sharovarnikov A.F., Molchanov V.P. Sublayer fire suppression. *Firefighting*, Moscow, 1995, No. 11, p.40 - 41
2. GOST R (State standard of Russia) 53280.2-2010. Foam generators for sublayer fire suppression of oil and oil products in tanks. *Automatic fire extinguishing installations. Extinguishing substances. General technical requirements and test methods*. Part 2
3. Application of foam in the petroleum industry // *Fire Int.* 1986. V. 10. №98. - 582 p.
4. Sharovarnikov A.F., Molchanov V.P. Fire suppression of oil products in tanks by supplying a fuel layer with foam. *Oil products transportation and storage: Proceedings selection*, Vol. 8 – 9, Moscow: “CNIITeneftchim”, 1996, p..5 - 10.
5. Sharovarnikov A.F., Molchanov V.P., Voevoda S.S., Uglov A.V. Prospect of sublayer way of fire suppression development in steel tanks. *Pipeline oil transportation*, Proceedings selection, Vol. 3, Moscow: “Transpress”, 1996, p. 13 - 16.
6. Sharovarnikov A.F., Molchanov V.P., Voevoda S.S., Sharovarnikov S.A. Fire suppression of oil and oil products. Ed. 2, Moscow: “Pozhnauka”, 2007, 380 p.
7. Operating instructions of foam generators PO-6A3F and “Merkulovsky”, Moscow, 2003.
8. Molchanov V.P., Sharovarnikov S.A. Regularities of sublayer system fire suppression in tanks, Proceedings of the 4th International Conference “Informatization of safety systems - ISS 95”, International Forum of Informatization “Technologies of safety-95”, Moscow, 17 November, 1995, VIPTSh MID RF, 243 p.

9. Patent 2470686 (RU) MPK A62S3/06, V65V88/34. The device for suppression of combustible liquids in the vertical steel tank with a floating roof or a pontoon, Authors and patent holders: Kokorin Vyacheslav Viktorovich (RU), Khafizov Ildar Fanilevich (RU), Requisition: 2011139735/12, 29 September, 2011; Published: 27 December 2012.

10. The guide to suppression of oil and oil products in tanks and reservoir parks, Moscow: GUGPS VNIPO MIPB, 2000, 79 p.

11. Terbenev V.V. Reference manual of fire fighting operations commander, Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia, 2004, 248 p.

Сведения об авторах

Кокорин В.В., аспирант ФГБОУ ВПО УГНТУ, старший преподаватель кафедры ПБТП Уральского института ГПС МЧС России

V.V. Kokorin, graduate student, senior lecturer in PBTP Ural Institute of Russian Ministry for Emergency Situations

Хафизов Ф. Ш., д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой ВГБОУ ВПО УГНТУ

F. S. Hafizov, dr. tech.sci., chair Head of Department FSBEI USPTU

Контбойцев Е. А., канд. пед.наук, доцент, начальник кафедры ПБТП Уральского института ГПС МЧС России

E.A. Kontboytsev, PhD. ped. sci., associate professor, head of the Department of the Ural Institute PBTP Russian Ministry for Emergency Situations