

О ПРОБЛЕМЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРАХ С КОЛЬЦЕВОЙ ЗАЩИТНОЙ СТЕНКОЙ

Ф.В. Демёхин, доктор технических наук;

А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Д.И. Белов. Центр управления в кризисных ситуациях МЧС России по Чувашской Республике

Рассмотрены возможные сценарии развития аварийных ситуаций в резервуарных парках с крупными резервуарами, имеющими кольцевую защитную стенку (типа «стакан в стакане»), и особенности пожаров в них. Сформулированы некоторые предложения в части проблем тушения пожаров в таких резервуарах.

Ключевые слова: резервуарные парки, нефтепродукт, резервуар с кольцевой защитной стенкой, пожар, тушение

ON THE PROBLEM OF EXTINGUISHING IN RESERVOIRS WITH THE RING-TYPE PROTECTIVE WALL

F.V. Demekhin; A.A.Tarantsev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

D.I. Belov. Centre of crisis of management of EMERCOM of Russia of Chuvash Republic

The possible scenarios for emergency situations in the tank battery with large reservoir with the ring-type protective wall (like «glass in glass»), and specialty of fires in them. Formulated certain proposals with regard to the problems of extinguishing fires in these tanks.

Keywords: tank battery, oil-product, reservoir with the ring-type protective wall, fire, extinguishing

Для обеспечения пожарной безопасности складов нефтепродуктов [1–3], оборудованных современными резервуарами с кольцевой защитной стенкой (типа «стакан в стакане») необходимо провести моделирование возможных аварийных ситуаций на них и предусмотреть соответствующие мероприятия организационно-технического характера (рис. 1).



Рис. 1. Группа резервуаров типа «стакан в стакане»

Как показывает статистика инцидентов на аналогичных объектах, аварийные ситуации могут возникать вследствие разгерметизации корпуса резервуара и утечки нефтепродукта с последующим возгоранием, а также из-за самовозгорания пирофорных отложений, от разрядов статического и атмосферного электричества, при нарушении правил пожарной безопасности, при проведении различного рода работ и других причин [4, 5].

При этом необходимо иметь в виду, что согласно методике [6], риски различных инцидентов на резервуарах достаточно велики – риск разгерметизации корпуса резервуара с образованием отверстий – $4,0 \cdot 10^{-5} - 1,7 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹, пожары дыхательной арматуры и по зеркалу нефтепродукта – $9,0 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹. Нужно учитывать и требования ГОСТ [2] по индивидуальному и социальному риску соответственно 10^{-8} и 10^{-7} год⁻¹, а при рисках 10^{-6} и 10^{-5} эксплуатация объектов не допускается.

Особенности резервуаров с кольцевой защитной стенкой

Применение резервуаров типа «стакан в стакане» является перспективной тенденцией при строительстве новых или расширении действующих складов нефти и нефтепродуктов (резервуарных парков), как самостоятельных объектов, так и объектов, находящихся на территории химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий. Наличие кольцевой защитной стенки вокруг основного вертикального цилиндрического резервуара (рис. 2) позволяет избежать утечек нефтепродукта при разгерметизации такого резервуара. Аварийно вытекший нефтепродукт окажется не на территории склада (в обваловании), а в кольцевом зазоре, что значительно снизит площадь его испарения и позволит избежать значительных экологических и материальных проблем – нефтепродукт не окажется загрязнённым и может быть перекачан в другую ёмкость.

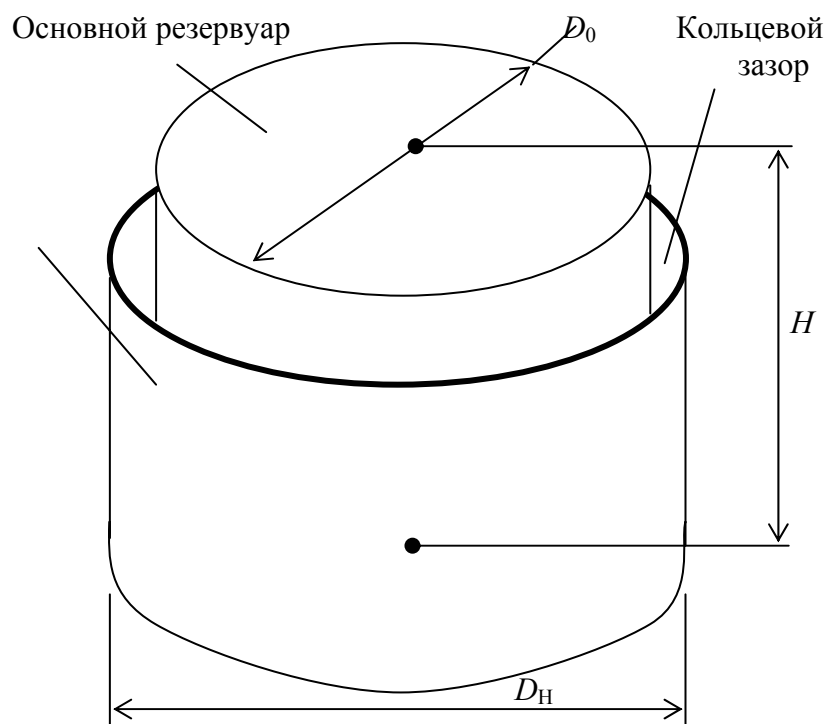


Рис. 2. Вид вертикального цилиндрического резервуара с защитной кольцевой стенкой

Например, крупные резервуары (оборудуются понтоном) ёмкостью 50 тыс. м³, имеющие диаметр $D_0=60,7$ м и высоту 18,0 м, должны иметь такую кольцевую стенку, чтобы

её высота составляла не менее 80 % от высоты резервуара (то есть более 14,4 м), а кольцевой зазор был не менее 1,8 м. Тогда диаметр кольцевой защитной стенки (предполагается, что толщина стенок пренебрежимо мала по сравнению с габаритами резервуара, а понтон не оказывает значительного влияния на уровень нефтепродукта), он же наружный диаметр резервуара D_H составит 64,3 м. При полной закачке нефтепродукта (50 тыс. м³) наибольший его уровень в резервуаре достигнет величины $H_{НП}=17,3$ м. В случае разгерметизации резервуара (без возгорания) и вытекании нефтепродукта в кольцевой зазор, уровень жидкости внутри резервуара снизится до $H_y=15,4$ м, а до этой же высоты поднимется уровень нефтепродукта в кольцевом зазоре. Такая оценка справедлива, когда высота отверстия $h_0 < H_y$. Если же $h_0 \geq H_y$ (в данном случае $h_0 \geq 15,4$ м), уровень нефтепродукта в резервуаре снизится только до высоты h_0 , а его уровень в кольцевом зазоре достигнет высоты

$$H_{KY}=(H_{НП}-h_0)\eta/(1-\eta), \quad (1)$$

где $\eta=(D_0/D_H)^2$.

Применительно к рассматриваемому резервуару ёмкостью 50 тыс. м³, $\eta \approx 0,89$, а при высоте отверстия $h_0=16,0$ м уровень нефтепродукта в кольцевом зазоре, согласно (1), достигнет высоты $H_{KY} \approx 10,6$ м.

Наличие кольцевой защитной стенки позволяет либо сократить площадь обвалования (маловероятно, чтобы нефтепродукт, вытекший в кольцевой зазор, смог бы вытечь ещё и в обвалование), либо вообще избавиться от него. Это, в свою очередь, позволит сократить расстояние между такими резервуарами и/или группами резервуаров, что даст возможность уменьшить общую площадь парков со всеми последующими выгодами.

Тем не менее, как и обычные резервуары типа – резервуар вертикальный стальной (РВС), резервуары с защитной кольцевой стенкой подвержены риску возгорания. Для них также предусматриваются системы автоматического пожаротушения (АПТ) и орошения стенок. Одним из перспективных типов систем пожаротушения является система «подслойного» тушения, предусматривающая подачу раствора специального пенообразователя [7] через коллектор в нижней части резервуара. Она позволяет осуществлять дистанционную подачу раствора пенообразователя от подвижной пожарной техники или стационарных установок без традиционного проведения достаточно рискованных пенных атак [4, 8–11], когда пожарные и техника должны находиться в непосредственной близости от горящего резервуара и охлаждать соседние с ним резервуары и установки. И хотя пожарные используют средства защиты [12] – теплоотражающие костюмы, противогазы и т.п., это не спасает от внезапного взрыва и выброса горящего нефтепродукта.

Наличие кольцевой защитной стенки позволит снизить последствия такого опасного явления, как вскипание и выброс нефтепродукта из горящего резервуара, – выброшенный таким образом нефтепродукт попадёт большей частью в кольцевой зазор.

Как следует из СНиП [3], даже два резервуара типа РВС-50000 будут представлять собой парк (склад) I категории.

Проблемы тушения пожаров в парках с резервуарами с кольцевой защитной стенкой

Схема возможного развития событий при возникновении аварийной ситуации в резервуаре с кольцевой защитной стенкой показана на рис. 3.

Как видно из этой схемы, достаточно высока вероятность взрыва паровоздушной смеси (ПВС), что вызовет отказы стационарных систем пожаротушения и охлаждения резервуаров. Это, в свою очередь, приведёт к необходимости рассчитывать только на силы и средства объектовых пожарных частей (ПЧ) и ПЧ в соседних населённых пунктах.

В отличие от обычных резервуаров типа РВС, особую опасность будет представлять возгорание вытекшего нефтепродукта в кольцевом зазоре. При этом возможен перегрев ПВС в резервуаре (рис. 4), её самовоспламенение и взрыв.

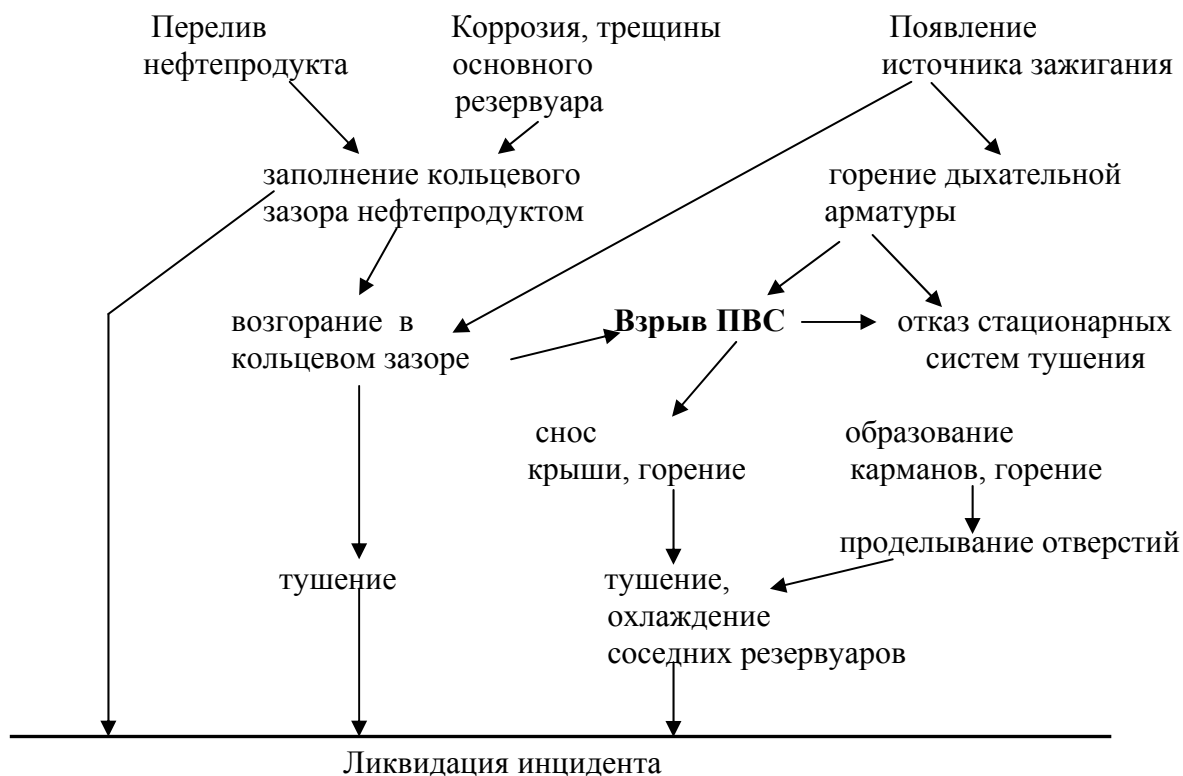


Рис. 3. Схема развития событий при возникновении аварийной ситуации на резервуаре с защитной кольцевой стенкой

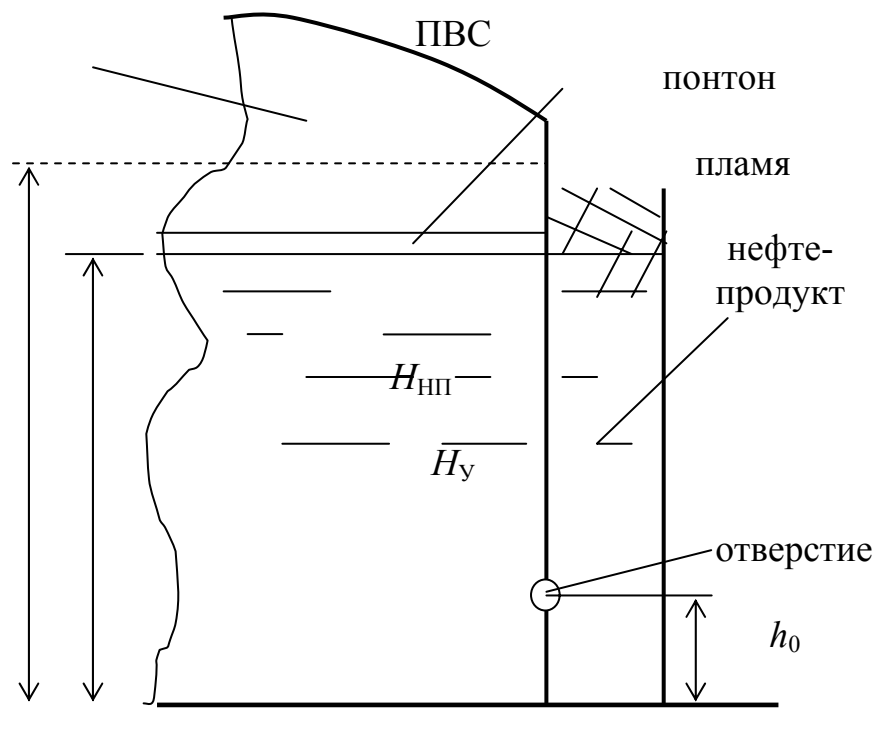


Рис. 4. Угроза перегрева и взрыва ПВС в резервуаре при горении нефтепродукта в кольцевом зазоре

При тушении пожаров в резервуарных парках нужно учитывать следующие обстоятельства:

- эти пожары могут оказаться затяжными (как показано в работах [7, 13], время тушения может затянуться на несколько десятков часов, а то и суток);

- кольцевая защитная стенка может препятствовать охлаждению основной стенки горящего и охлаждаемых резервуаров;

- при взрыве ПВС возможно образование «карманов» из-за перекашивания понтона и неполного срыва стационарной крыши, а также полный или частичный отказ стационарных систем пожаротушения.

В этой связи тактика тушения пожаров резервуаров должна предусматривать следующие мероприятия:

- обеспечение более чем 3-кратного запаса пенообразователя с учётом многократного повторения пенных атак;

- помимо обычной передвижной пожарной техники применение специализированных машин типа пожарных танков, которые могут работать в непосредственной близости от очага пожара и защищающие личный состав от ОФП и взрыва;

- предусмотрение возможности проделывания отверстий в защитной и основной стенках для подачи ОТВ в «карманы»;

- в случае затяжного пожара обеспечение сменности работы и питания личного состава, подвоз ГСМ и пенообразователя;

- создание штаба тушения с привлечением специалистов из числа сотрудников резервуарного парка.

С большой вероятностью можно считать, что тушение пожаров в парках с резервуарами типа «стакан в стакане» следует ожидать по повышенному номеру.

В качестве предложений можно предусмотреть взрывозащищённую магистраль с универсальным насосом, закачивающим воду в кольцевой зазор горящего (или охлаждаемого) резервуара до максимального уровня. Если же в кольцевой зазор произошло вытекание нефтепродукта, то его можно этим или специальным насосом перекачать в другую ёмкость по окончании работ.

Предложения по применению специальной техники

Учитывая, что защищаемые резервуары для нефтепродукта являются взрывоопасными объектами (категория взрывопожароопасности A_H), имеет место высокий уровень риска для пожарных расчётов и привлекаемой техники при тушении резервуаров. Для снижения уровня риска могут быть предложены следующие мероприятия:

- а) использование системы подслоного тушения (если её элементы не повреждены при взрыве ПВС);

- б) использование пожарного танка ГПМ-54 (гусеничная пожарная машина на базе танка Т-54) с бронированной цистерной ёмкостью 9 т (совместно с системой подслоного тушения или автономно, если эта система повреждена) (рис. 5);

- в) использование универсального пожарного танка (без встроенной цистерны) с подачей воды и/или раствора пенообразователя от АВП или АЦ с дополнительными ёмкостями с пенообразователем, находящихся на безопасном расстоянии (совместно с системой подслоного тушения или автономно, если эта система повреждена) (рис. 6);

- г) сбивание пламени с зеркала горящего нефтепродукта в резервуаре путём сброса воды специализированными самолётами Ил-76мт или Бе-200, оборудованными ВАПами (выливной авиационный прибор). Ил-76мт имеет два ВАП-2 общей ёмкостью 42 м³, оптимальная высота сброса воды 50–80 м, оптимальная скорость 280 км/час, площадь покрытия более 500 м² при одновременном сбросе. Бе-200 имеет 8 ВАПов общей ёмкостью 12 м³ с возможностью одновременного сброса воды.



Рис. 5. Гусеничная пожарная машина (пожарный танк) ГПМ-54



Рис. 6. Универсальный пожарный танк (производство Кировского завода в СПб)

Тактика тушения имеет следующие особенности.

При использовании системы подслоного тушения в сочетании со штатной пожарной техникой (АЦ, АН, АВ-7 или АВ-40, АКП, АЛ) должна быть предусмотрена защита пожарных и техники от поражающих факторов возможного взрыва ПВС – воздушной ударной волны, осколков и огненного шара. Это может быть достигнуто применением передвижных щитов, специальных укрытий и расстановкой техники (по возможности) на безопасном расстоянии.

Применение ГПМ-54 обеспечивает возможность автономной работы в непосредственной близости от горящего резервуара в течение времени расходования запаса воды (9 т) и пенообразователя (1,1 м³). ГПМ-54 имеет комбинированный лафетный ствол для

воды и пены производительностью по воде 40 л/с с дальностью подачи 60 м и по пене кратностью 8–10 – 24 м³/мин на дальность 36 м. Кроме того, имеется следующее ПТВ: ГПС-600, стволы РС-50 и РС-70, гидроэлеватор Г-600, трёхколенка Л-60 и др. Высокая проходимость ГПМ-54 и наличие переднего ковша позволяет вести работы при образовании завалов вследствие взрыва. Схема тушения с использованием ГПМ-54 показана на рис. 7. Тем не менее, для обеспечения длительной работы ГПМ-54 в условиях больших тепловых потоков целесообразно оборудовать его системой орошения корпуса.



Рис. 7. Схема тушения с использованием ГПМ-54:
а) подача водной струи; б) подача пены

Применение универсального пожарного танка имеет следующие особенности. После его выдвигания на позицию тушения необходимо провести боевое развёртывание с подачей к нему рукавных линий с водой и раствором пенообразователя для работы лафетного ствола и ГПС-600. Рукавные линии должны быть защищены специальными коробами от опасных факторов возможного взрыва, обеспечивающая техника (АЦ, АН, АВ-7 или АВ-40) и личный состав должны находиться на безопасном расстоянии или в укрытиях. Схема работы универсального пожарного танка показана на рис. 8.

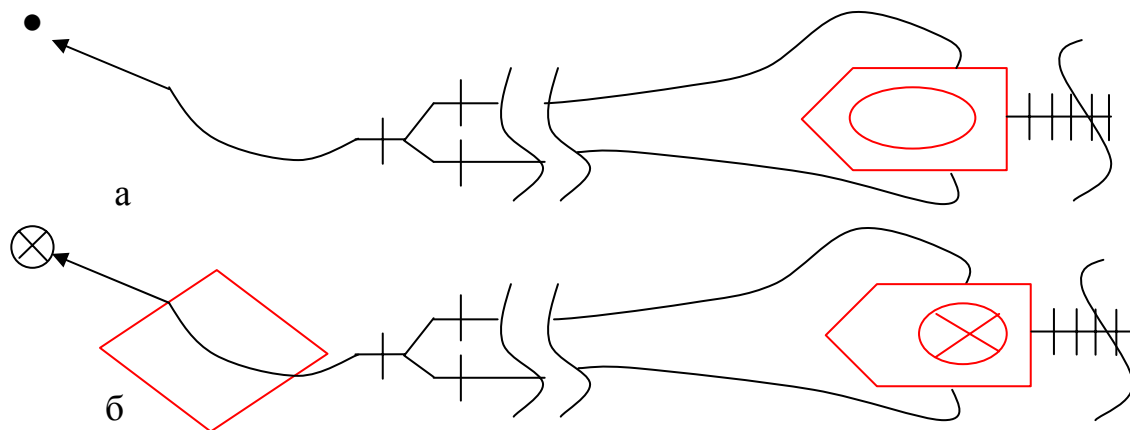


Рис. 8. Схема тушения с использованием универсального пожарного танка и вспомогательной техники:
а) подача водной струи; б) подача пены

Как и в случае ГПМ-54, этот пожарный танк целесообразно оборудовать системой орошения корпуса или предусмотреть защиту его от перегрева струями от лафетных стволов, находящихся на безопасном расстоянии или за щитами.

Применение пожарной авиации для тушения данного резервуарного парка представляется маловероятным ввиду её высокой стоимости, необходимости оборудования специализированных аэродромов с возможностью заправки ВАПов водой и по причине большой зависимости от метеословий.

Таким образом, при оснащении объектовых ПЧ при парках для хранения нефтепродуктов в резервуарах с кольцевой защитной стенкой, специализированной техникой

и при соответствующей подготовке персонала имеется возможность обеспечения защиты резервуаров и других объектов в случае возможного пожара.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. URL: <http://www.mchs.gov.ru/document/222687> (дата обращения: 11.06.2013).

2. ГОСТ Р 12.3.047-98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. URL: http://truddoc.narod.ru/gost/gost_R_12.3.047-98.htm (дата обращения: 11.06.2013).

3. СНиП 2.11.03-93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. URL: <http://www.vashdom.ru/snip/21103-93/> (дата обращения: 11.06.2013).

4. Терехнёв В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика. Основы тушения пожаров. Екатеринбург: Изд-во «Калан», 2008.

5. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Кн. 1–6 / под ред. В.А. Котляревского. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1995–2003.

6. Методика определения величин пожарного риска на производственных объектах. Приказ Министра МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 / Приказы Федеральных Органов власти. 2009.

7. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / А.Ф. Шароварников, В.П. Молчанов, С.С. Воевода [и др.]. М.: Изд-во «Калан», 2002.

8. Порядок тушения пожаров подразделениями пожарной охраны: Приказ Министра МЧС России от 31 марта 2011 г. № 156.

9. Методические рекомендации по действиям подразделений Федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ: Письмо ЦРЦ по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий от 22 июня 2010 г. № 5427-5-1-2.

10. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. М.: ВНИИПО МВД РФ, 1999.

11. Повзик Я.С. Справочник руководителя тушения пожара. М.: ЗАО «Спецтехника», 2001.

12. Правила охраны труда в подразделениях ГПС МЧС России: Приказ Министра МЧС России от 31 дек. 2002 г. № 630.

13. Повзик Я.С., Некрасов В.Б., Терехнёв В.В. Пожарная тактика в примерах. М.: Сройиздат, 1992.