

МЧС России  
Санкт-Петербургский институт  
Государственной противопожарной службы

*На правах рукописи*



Земцов Александр Геннадьевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ  
ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ РЕЗЕРВУАРОВ С МАЗУТАМИ**

05.26.03 - пожарная и промышленная безопасность  
(нефтегазовая отрасль)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2004

Работа выполнена на кафедре химии и процессов горения Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России

**Научный руководитель:**

кандидат химических наук, профессор Владимир Романович Малинин

**Научный консультант:**

доктор химических наук, профессор Владимир Александрович Ловчиков

**Официальные оппоненты:**

доктор химических наук, профессор Григорий Константинович Ивахнюк  
кандидат технических наук Михаил Георгиевич Трифонов

**Ведущая организация:**

Северо-Западный региональный центр МЧС России

Защита состоится «26» ноября 2004 г. в «13» часов на заседании диссертационного совета Д 205.003.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук в Санкт-Петербургском институте ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 149).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 149).

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2004 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 205.003.01

кандидат технических наук, профессор



А.В. Фомин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

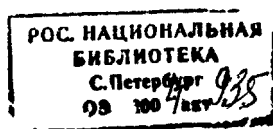
**Актуальность темы.** В условиях значительного снижения запаса стоимости и остаточного ресурса технологического оборудования вследствие коррозии, усталости, старения и износа, а также в периоды усложнения технологий, обновления материалов и смены поколений специалистов возрастает вероятность чрезвычайных ситуаций и размер ущерба при авариях на взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих объектах.

Всего в течение 1998–2003 гг. на объектах нефтегазового комплекса России произошло около 5600 пожаров унесшие жизни свыше 400 человек.

По данным журнала «Нефтегазовая вертикаль» производственная база, которой сегодня располагает нефтеперерабатывающая промышленность, была создана в период с 1950 по 1990 годы. Поэтому тысячи нефтебаз, расположенных в городской черте, представляют собой постоянную экологическую и социальную угрозу.

Сверхнормативные сроки эксплуатации резервуаров, нарушения при строительстве нефтебаз, при монтаже автоматических систем пожаротушения и правил их эксплуатации в период реформирования экономики привели к тому, что резервуары в настоящее время часто являются миной замедленного действия для окружающей среды. Например, численные значения частоты возникновения пожаров в резервуарах со стационарной крышей на складах хранения мазута, по оценке А.А. Маркеева в настоящее время составляют 0,006 в расчете на один резервуар в течение года.

Так как мазут до сих пор является основным резервным топливом на различного рода котельных, ТЭЦ и т.п., то производство мазута в России остается на высоком уровне, - в 2003 г было произведено порядка 46,5 млн. т топчного мазута.



Анализ результатов обследования объектов нефтегазового комплекса показал, что каждая вторая установка автоматического пожаротушения имеет неисправности, а свыше 35 % из них находятся в неработоспособном состоянии.

Стационарные установки тушения пеной средней кратности морально, а на многих объектах и физически, устарели.

Нынешние требования пожарной безопасности отрасли изложены в огромном количестве нормативных документов более полувековой давности, что крайне затрудняет их использование даже специалистами. При этом многие из них противоречат друг другу и попросту устарели, другие не могут быть использованы в связи с тем, что рекомендуемые в них системы защиты и средства тушения уже не производятся или не сертифицированы. Требования действующих нормативно-правовых документов к противопожарной защите резервуаров не учитывают физико-химические свойства и различия в параметрах и характеристиках горения и тушения различных нефтепродуктов. Таким образом, назрела необходимость в пересмотре и корректировке существующей нормативной базы.

Тем не менее, учитывая вышесказанное, внедрение в практику экологически чистых и взрывобезопасных технологий хранения нефтепродуктов способно принципиально изменить сегодняшний, основанный на применении автоматических установок пожаротушения, подход к системе противопожарной защиты резервуарных парков.

В представленном исследовании рассматриваются альтернативные способы и средства тушения пожаров в резервуарах с мазутом.

**Цель и задачи исследования.** Цель данного научного исследования состоит в повышении эффективности систем пожаротушения для резервуаров с мазутами. Чтобы достичь ее необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ и установить закономерности процессов возникновения, развития и прекращения горения мазута. Теоретически и экспериментально определить основные особенности и параметры его горения, отличающие мазут от других горючих жидкостей;
- выявить закономерности изменения свойств мазута в зависимости от продолжительности горения;
- экспериментально определить основные параметры и характеристики систем тушения пожаров в резервуарах с мазутом, влияющих на их эффективность;
- исследовать возможность прекращения горения мазута нетрадиционными средствами и способами.

**Объектом исследования** являются системы пожаротушения резервуаров с мазутом, а **предметом исследования** - эффективность их применения в качестве установок противопожарной защиты.

Методы исследования. Поставленные в работе задачи решались экспериментально и аналитически с применением методов планирования эксперимента, методов подбора технических устройств и методов статистической обработки результатов испытаний.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

- результаты экспериментов по тушению модельных пожаров мазута различными средствами и способами;
- способы тушения пожаров в резервуарах с мазутом;
- результаты, полученные при исследовании особенностей возникновения и горения мазута.

#### **Научная новизна результатов работы:**

- впервые разработан способ тушения пожаров в резервуарах с мазутом, учитывающий его физико-химические свойства, на который получено положительное решение Роспатента о выдаче патента на изобретение «Способ тушения и противопожарной защиты»;

- впервые получены экспериментальные результаты по тушению мазута нетрадиционными средствами и способами;
- получены экспериментальные зависимости, показывающие особенности возникновения и горения мазута.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что полученные результаты исследования показывают эффективность новых средств и методов систем противопожарной защиты резервуаров с мазутом и повышают их надежность, экономичность и экологичность.

Кроме того, научные результаты нашли практическое применение и реализованы в Санкт-Петербургском институте Государственной противопожарной службы МЧС России, и в управлении пожаротушения ГУ ГОЧС г. Санкт-Петербурга.

**Апробация работы.** Основные положения исследования докладывались и обсуждались в период с 2001 по 2004 год на заседаниях кафедры автоматики и средств связи, пожарной безопасности технологических процессов, химии и процессов горения Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России, а также на следующих научно-практических конференциях:

1) 2-ой международной научно-практической конференции «Проблемы обеспечения пожарной безопасности Северо-Западного региона», Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский университет МВД России, 18 октября 2001 г.;

2) международной научно-практической конференции «Проблемы обеспечения безопасности при чрезвычайных ситуациях», Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 14-15 октября 2003 г.;

3) 18-ой научно-практической конференции «Снижение риска гибели людей при пожарах», Москва, ФГУ ВНИИПО МЧС России, 28-29 октября 2003 г.;

4) 9-ой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Деятельность правоохранительных органов и государственной противопожарной службы в современных условиях: проблемы и перспективы развития», Иркутск, Восточно-Сибирский институт МВД России 22-23 апреля 2004 г.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе получено положительное решение Роспатента о выдаче патента на изобретение «Способ тушения и противопожарной защиты».

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, двух глав, выводов по каждой главе, заключения, списка использованной литературы и приложения. Работа содержит 148 страниц текста, в том числе 11 таблиц и 21 рисунок.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается выбор темы диссертации, ее актуальность, цели, задачи, объект и предмет исследования, научная новизна, научно-практическая значимость, результаты исследования и их апробация, выводы и результаты, выносимые на защиту.

**В первой главе - «Особенности возникновения, развития и прекращения горения мазута»** рассматриваются физико-химические свойства мазута, область его применения, анализируются данные более 50 публикаций, в которых описывается процесс возникновения, развития и прекращения горения мазута.

Результаты проведенных нами экспериментов по выявлению закономерностей изменения свойств мазута от продолжительности горения представлены на рис. 1-3. Опыты проводились на емкости диаметром 0,16 м и высотой 0,2 м, и на емкости диаметром 0,8 м и высотой 0,6 м. Мазут с содержанием влаги 0,1 % был предварительно подогрет до температуры 80 °С.

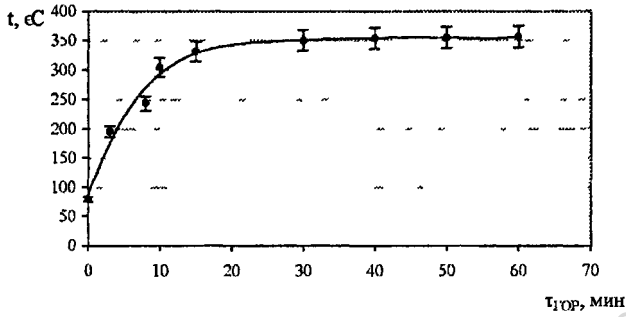


Рис 1 Изменение температуры поверхностного слоя мазута от продолжительности горения

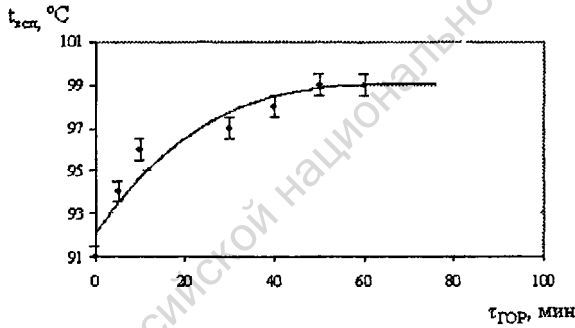


Рис 2 Изменение температуры вспышки мазута от продолжительности горения

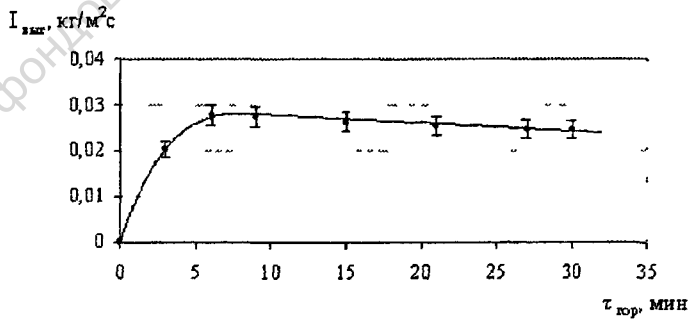


Рис 3 Изменение интенсивности выгорания мазута от продолжительности горения



Начальный период горения мазута характеризуется неустойчивым характером процесса формирования пламени. Время выхода на стационарный режим горения достаточно продолжительное - порядка 10 минут (для бензина это время составляет порядка двух минут), поэтому предпринятые в данный период меры по тушению будут наиболее эффективными. Кроме того, на процесс горения мазута достаточно большое влияние оказывает содержание влаги, еще более увеличивающее время выхода на стационарный режим. Анализ литературы показал, что количество влаги в мазуте колеблется в интервале от 0,3 до 1 %. В то же время есть данные, показывающие, что мазуты с влажностью более 0,6 % с трудом выходят на стационарный режим горения.

Таким образом, скорость выгорания мазута зависит не только от фракционного состава нефтепродукта, диаметра емкости, но и от процентного содержания влаги и скорости воздушного потока, омывающего емкость. Взвешенная в мазуте вода оказывает сильное влияние на процесс его прогрева при горении. От влажности нефтепродукта зависит температура на его поверхности и в слое горячей жидкости.

Влияние влаги на скорость выгорания нефтепродукта объясняется потерей значительной доли тепла, поступающего к жидкости от факела на испарение растворенной и диспергированной воды в нефтепродукте. Не малую роль играет изменение температуры на поверхности рассматриваемой смеси и сильное разбавление паров горючего водяными парами.

В результате анализа изменения параметров горения сделан вывод о том, что мазут в процессе горения изменяет свой состав во всей прогретой зоне (в нефтепродукте с течением времени горения возрастает содержание смол, увеличивается вязкость, молекулярная масса, растет температура вспышки). Горение мазута происходит не по всей поверхности равномерно, а в виде отдельных конусов пламени, перемещающихся по зеркалу жидкости.

При транспортировке мазута по трубопроводам, для уменьшения вязкости он подогревается, что увеличивает интенсивность испарения легких фракций и приводит к повышению содержания взрывоопасных паров над поверхностью мазута и как следствию образованию горючей среды. Период технологического нагрева жидкости представляет собой одно из наиболее пожароопасных состояний резервуара с мазутом. При этом, наличие источника инициирования горения может вызвать вспышку паровоздушной смеси. Однако достаточность выделяющейся энергии для формирования устойчивого горения мазута не исследована. В этой связи представляло интерес изучить энергетические характеристики, необходимые для воспламенения мазута.

На рис. 4 представлены результаты опытов по исследованию времени воспламенения мазута от величины воздействующего теплового потока. Тепловой поток от пламени газовой горелки подавался вертикально на поверхность мазута, на уровне зеркала жидкости помещался датчик теплового потока. Одновременно с помощью секундомера фиксировалось время возникновения горения. Предварительно мазут был подогрет до температуры  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

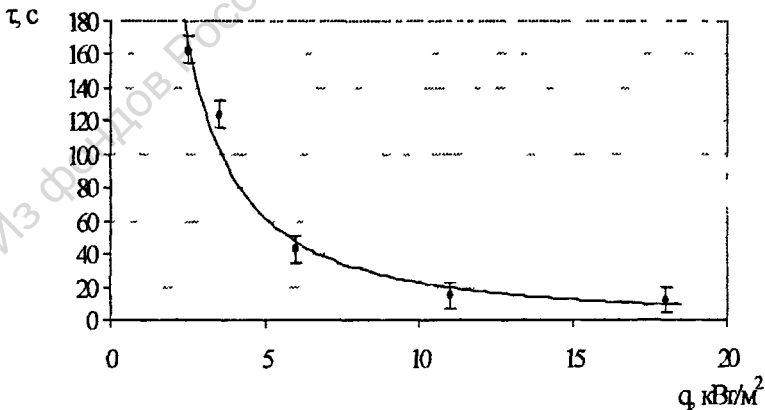


Рис. 4 Зависимость времени воспламенения мазута от величины воздействующего теплового потока

С целью выяснения влияния на процесс воспламенения мазута легких нефтяных фракций были проведены эксперименты, сущность которых заключалась в следующем: на поверхность мазута, прогретого до температуры 80 °С, помещалась лодочка с легковоспламеняющейся жидкостью (бензином), емкость с мазутом накрывалась промасленной бумагой. Через некоторое время, необходимое для того, чтобы в пространстве над мазутом образовалась взрывоопасная концентрация паров ЛВЖ с воздухом, проводили поджигание паровоздушной смеси. В качестве источника инициирования горения применяли электроспираль. Ни в одном эксперименте горения мазута не было достигнуто.

При анализе статистических данных по пожарам резервуаров с мазутом установлено, что обстоятельства, являющиеся непосредственными причинами загораний в подавляющем большинстве случаев не сформулированы.

Таким образом, для возникновения горения мазута необходимы условия, при которых будет создан достаточный тепловой поток с длительным временем воздействия, необходимым для термодеструкции части топлива на поверхности. Установлено, что возникновение пожара в резервуаре с мазутом возможно только лишь при повреждении резервуара, растекании мазута и горении его на разогретых поверхностях, пропитанных мазутом горючих пористых материалах с низкой теплопроводностью (например: теплоизоляция). Так, если мазут не подогреет во всем объеме резервуара (обычно для подогрева используются местные подогреватели, при этом температура основной массы жидкости в резервуаре равна температуре окружающей среды), то даже энергии вспышки скопившихся взрывоопасных паров над поверхностью мазута будет недостаточно для нагрева поверхности мазута до температуры воспламенения.

В результате проведенных экспериментов и анализа статистических данных и специализированной литературы получены результаты, свиде-

тельствующие об особенностях возникновения, развития и прекращения горения мазута, их влиянии на выбор средств и способов тушения мазута.

**Во второй главе - «Средства и способы тушения мазута»** проанализированы известные способы пожаротушения мазута, регламентированные нормативными документами, - тушение пеной, методом перемешивания, распыленной водой и предлагаемые нами на основе анализа особенностей горения мазута - тушение при помощи сеток, при помощи воздуха, подаваемого на поверхность горящей жидкости и аэрозольный способ тушения.

В настоящее время пена является основным средством пожаротушения пожаров нефтепродуктов в резервуарах. Способы подачи пены могут быть самыми разнообразными, однако применительно к мазутам в отличие от светлых фракций нефтепродуктов четких рекомендаций по их применению не существует. Несмотря на декларацию производителями пенных средств их высоких огнетушащих свойств, при проведении натурных испытаний, отсутствует достаточно убедительная статистика о тушении пожаров резервуаров с мазутами этими пенообразователями.

Горение темных нефтепродуктов прекратится, если температура на их поверхности будет существенно ниже температуры воспламенения. Такого снижения температуры можно добиться путем охлаждения в начальной стадии пожара только тонкого поверхностного слоя. Так при тушении перемешиванием путем подачи воздуха или инертных газов под слой нефтепродукта пузырьки газа, поднимаясь вверх, будут увлекать близлежащие слои, вызывая движение жидкости во всем объеме. В результате движения нижние холодные слои будут смешиваться с небольшим верхним прогретым слоем, температура которого вследствие этого резко понизится. Понижение температуры топлива приведет к уменьшению скорости испарения и, следовательно, интенсивности горения. Когда в результате перемешивания температура свободной поверхности

станет ниже температуры воспламенения горение полностью прекратится. Если вместо воздуха, подавать какой-нибудь инертный газ (углекислый газ, азот и т.п.), то эффективность повышается за счет добавления эффекта разбавления горючей смеси.

Перспективным способом тушения мазута может являться распыленная вода. Для тушения такого нефтепродукта как мазут достаточно небольшой степени дисперсности воды (порядка 500  $\mu$ ).

Известно, что для горения необходим тепловой баланс между пламенем и зеркалом горящей жидкости, выделяющей пары и продукты термодеструкции. При нарушении баланса горение прекратится. Одним из способов может быть помещение в зону горения теплового экрана в виде сетки или сеточного пакета.

Для представления огнезащитного действия сеточных конструкций, необходимо исследовать способность препятствовать тепловым потокам металлических сеток. Исследовались стальные сетки с разными размерами ячеек и разными диаметрами проволоки. Сравнительный эксперимент проводился на установке, представленной на рис. 5. Значения  $T_2$ ,  $q_2$  снижались на 20 минуте горения. Результаты опыта представлены в таблице 1. Как видно из таблицы процент снижения теплового потока определяется размерами ячейки сетки и диаметром проволоки.

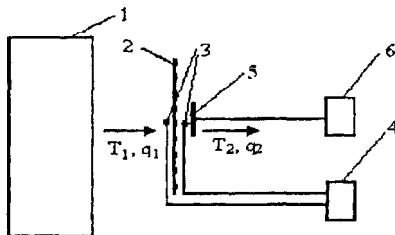


Рис 5 Установка для определения теплоизолирующей способности металлических сеток:

1 - источник тепловыделения (муфельная печь), 2 - металлическая сетка; 3 - термопара ХА, 4 - регистратор температуры; 5 - датчик теплового потока; 6 - регистратор теплового потока,  $q_1$  и  $q_2$  -тепловой поток падающий на сетку и прошедший через нее, соответственно

Таблица 1

## Эффективность снижения теплового потока металлическими сетками

Размер ячейки, мм	Диаметр проволоки, мм	Количество сеток	Тепловой поток конечный, кВт/м <sup>2</sup>	% снижения теплового потока
1,0	0,2	1	1,35	55,0
		2	0,65	78,3
2,0	0,3	1	1,85	38,3
		2	1,25	58,3
3,0	0,5	1	1,95	35,0
		2	1,30	56,6
4,0	0,5	1	2,20	26,6
		2	1,80	40,0
5,0	1,0	1	1,90	36,6
		2	1,20	60,0
9,5	0,7	1	2,50	16,6
		2	2,20	26,6

Исследовалась возможность тушения мазута при помощи сеток. Сетки устанавливались в слое жидкости. Экспериментальная установка представлена на рис. 6.

Эксперименты проводились на емкости диаметром 0,16 м и высотой 0,2 м и на емкости диаметром 0,8 м и высотой 0,6 м. Мазут с содержанием влаги 0,1% был предварительно подогрет до температуры 80 °С.

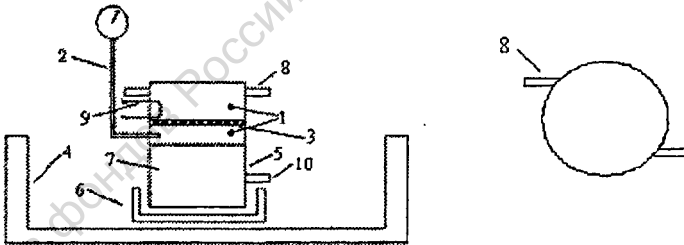


Рис. 6. Принципиальная схема экспериментальной установки и схема вводов:

1 - термопары; 2 - устройство для контроля отсутствия избыточного давления в подсеточном пространстве; 3 - сетка; 4 - емкость для предотвращения растекания мазута при его вскипании; 5 - емкость с мазутом; 6 - устройство для подогрева емкости с мазутом; 7 - мазут; 8 - вводы, предназначенные для подачи огнетушащих веществ (воздуха, АОС); 9 - нихромовая спираль для инициирования горения; 10 - устройство для слива мазута

Через 15 минут после возникновения горения жидкость сливалась через устройство (10), сетка (3) обнажалась и происходил процесс тушения. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты экспериментов по тушению мазута при помощи сеток

Размер ячейки, мм	Диаметр проволоки, мм	Время тушения, с
1,0	0,5	125
2,0	0,5	284
3,0	0,5	394
4,0	0,5	нет
5,0	1	378

Количество тепла, выделяющегося при горении жидкости, будет равно

$$q_1 = \pi R^2 v \rho Q_H, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус резервуара, м;

$v$  – скорость выгорания жидкости, м/с;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$Q_H$  – низшая теплота горения жидкости, Дж/кг.

Тепло, теряемое пламенем жидкости через излучение факела, по отношению к количеству тепла, которое выделяется в пламени в результате химической реакции, определяется следующим соотношением:

$$q_2 = \varepsilon C_0 T^4 s = 4 \varepsilon C_0 T^4 \pi R^2, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – степень черноты;

$C_0$  – постоянная Стефана-Больцмана,  $5,67 * 10^{-8} \text{Вт м}^{-2} \text{К}^{-4}$ ;

$T$  – температура пламени, К.

Тогда для мазута доля лучистого излучения передаваемого на поверхность жидкости от общего количества тепла, выделяющегося при горении жидкости составляет следующее значение:

$$q_2 / q_1 = 0,22 \quad (3)$$

Если учесть, что мазут в пламени сгорает не полностью, то можно утверждать, что при горении мазута в широких резервуарах передается

через излучение около 25% того тепла, которое выделяется в результате горения.

Результаты экспериментов по тушению мазута при помощи сеток показывают, что условием гашения пламени является снижение теплового потока передаваемого на поверхность жидкости не менее чем на 35 %.

Ограничить доступ тепла от пламени к жидкости можно не только при помощи сеток, но и путем подачи в верхнюю часть резервуара воздуха (инертного газа) с определенной степенью турбулентности струи и скоростью потока, в результате чего произойдет срыв пламени и горение прекратится. Наибольшая эффективность этого способа наблюдается в период неустойчивого горения.

Тушение мазута при помощи воздуха, подаваемого в верхнюю часть макета резервуара к вводам (8) осуществлялось с помощью компрессора. Подача воздуха регулировалась редуктором и контролировалась с помощью манометра. Результаты экспериментов представлены на рис. 7.

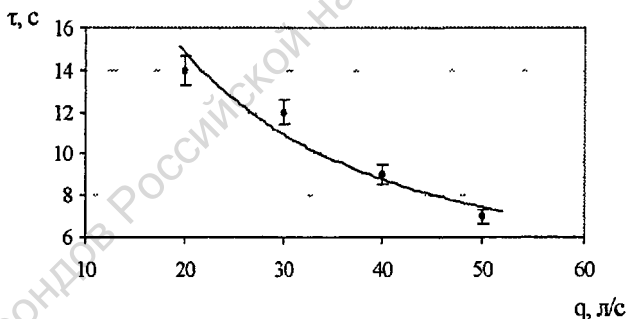


Рис 7 Зависимость времени тушения мазута от величины расхода воздуха, подаваемого сверху

Тушение с помощью «вихря» показало, что эффективность тушения в этом случае зависит от расхода, давления воздуха, образующего «вихрь», и количества вводов. При использовании в качестве огнетушащего вещества вместо воздуха инертного газа повысит эффективность.



Особый интерес представляло исследование возможности образования огнетушащего вихря с помощью генераторов огнетушащего аэрозоля (ГОА)

С этой целью были изготовлены навески массой 3-15 г из зарядов промышленно изготовленных ГОА. В качестве твердотопливных композиций (ТТК) использовали заряды генераторов СОТ и Пурга. Навеску, состоящую из ТТК помещали во вводы (8) установки, показанной на рис. 6. Результаты испытаний представлены в таблице № 3 и на рис. 8. Опыты показали, что данный способ также может быть использован для тушения мазутов, однако для рекомендаций по защите резервуаров ГОА требуется проведение более масштабных натурных испытаний.

Таблица 3

Результаты экспериментов по тушению мазута при помощи аэрозолеобразующих огнетушащих составов

Генератор	Масса заряда, г	Удельный расход, кг/м <sup>2</sup>	Время тушения, с
СОТ	< 3	< 0,15	тушения нет
	3	0,15	38
	5	0,25	25
	10	0,5	20
	15	0,75	16
ПУРГА	< 3	< 0,15	тушения нет
	3	0,15	35
	5	0,25	25
	10	0,5	21
	15	0,75	18

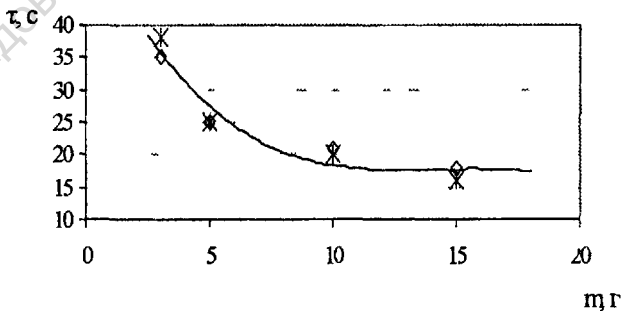


Рис. 8. Зависимость времени тушения мазута от массы твердотопливной композиции

◇ - заряд генератора СОТ, \* - заряд генератора ПУРГА

Как показывают результаты проведенных экспериментов, альтернативные способы тушения пожаров мазута являются достаточно эффективными по сравнению с традиционными. Рассмотренные способы тушения пожаров были проанализированы с точки зрения затрат на их эксплуатацию и применение в течение одного года. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4

## Приведенные годовые затраты по каждой установке

Вид установки	приведенные годовые затраты, руб.	в относительных величинах
тушение сеткой без покрытия	5040	1
тушение ГОА сверху	10500	2,1
подача воздуха сверху	148205,6	29,4
подача воздуха снизу	153766,3	30,5
тушение распыленной водой	264698,3	52,5
подача пены сверху (обычный ПО)	291958,9	57,9
подача пены снизу (ПО целевого назначения)	318057,4	63,1
подача CO <sub>2</sub> сверху	515132,1	102,2

Как видно из представленных данных, тушение сеткой без покрытия является оптимальным вариантом установки тушения пожаров в резервуарах с мазутом по критерию минимума приведенных затрат.

**В заключении** излагаются итоги работы. Перечисляются полученные научные и практические результаты, раскрывается степень их достоверности и новизны. Рассматривается значение полученных результатов для теории и практики, приводятся сведения о внедрении и практическом использовании полученных результатов.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В ходе выполнения диссертационной работы получены следующие результаты:

1. Показано, что отличительной особенностью горения мазута является длительный период выхода на стационарный режим горения. Время

этого периода составляет порядка 10 минут, что примерно в 5 раз больше, чем для бензина.

2. Разработан новый способ тушения и противопожарной защиты (получено положительное решение Роспатента о выдаче патента на изобретение).

3. Определены требования к параметрам сеточных экранов для тушения. Показано, что условием гашения пламени является снижение сеточным пакетом теплового потока передаваемого на поверхность жидкости не менее чем на 35 %.

4. Показана принципиальная возможность создания систем противопожарной защиты резервуаров с мазутом путем создания направленного вихревого движения в верхней части резервуаров при помощи газоздушных струй, в т.ч. получаемых при помощи генераторов огнетушащего аэрозоля.

5. Проведено технико-экономическое обоснование существующих и предлагаемых способов тушения мазута. Показано, что наиболее эффективным способом является тушение сетками.

6. Полученные результаты служат начальным этапом внедрения более эффективных средств и способов противопожарной защиты резервуаров в зависимости от физико-химических свойств, хранящихся в них нефтепродуктов с учетом особенностей возникновения, развития и прекращения горения этих жидкостей.

#### **Работы, опубликованные по теме диссертации:**

1. Земцов А.Г., Малинин В.Р. Особенности противопожарной защиты резервуаров с мазутами // Проблемы обеспечения пожарной безопасности Северо-Западного региона: Труды II международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 18 октября 2001 г. СПб.: Санкт-Петербургский университет МВД России, 2001, 0,2 (0,1) п.л.

2. Малинин В.Р., Земцов А.Г., Алгале А.А. Проблемы и особенности противопожарной защиты резервуаров с мазутами // Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Межвузовский сборник научных трудов. СПб.: Изд-во «Менделеев», 2002. 0,2 (ОД) п.л.

3. Земцов А.Г., Малинин В.Р. Поиск новых способов тушения мазутов // Снижение риска гибели людей при пожарах: Материалы 18-ой научно-практической конференции. Москва, 28-29 октября 2003 г. Москва: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003, 0,2 (0,1) п. л.

4. Земцов А.Г., Малинин В.Р. Альтернативные способы тушения мазута // Проблемы обеспечения безопасности при чрезвычайных ситуациях: Материалы международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 14-15 октября 2003 г. СПб.: Санкт-Петербургский институт ГПС МЧС России, 2003,0,2 (0,1) п.л.

5. Земцов А.Г. Надежность систем и способов пожаротушения в резервуарах с мазутом // Деятельность правоохранительных органов и государственной противопожарной службы в современных условиях: проблемы и перспективы развития: Материалы 9-ой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Иркутск, 22-23 апреля 2004 г. Иркутск: Восточно-Сибирский институт МВД России, 2004, 0,2 п.л.

6. Положительное решение о выдаче патента Российской Федерации на изобретение по заявке № 2003104387/12(004639) от 05.02.2003 «Способ тушения и противопожарной защиты» МПК 7 А62С3/06.



Из фондов Российской национальной библиотеки

Подписано в печать 12.10.2004  
Печать офсетная

Объем 1 п.л.

Формат 60x84<sub>1/16</sub>  
Тираж 100 экз.

Отпечатано в Санкт-Петербургском институте ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149



223367

Из фондов Российской национальной библиотеки