



Учредитель журнала

ISSN 2686-8075

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Сетевой научный журнал

CURRENT FIRE SAFETY ISSUES

Online scientific journal

2020 • № 2 (4)

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

СЕТЕВОЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, экономико-статистических и других данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации.

Редакция может публиковать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Актуальные вопросы пожарной безопасности», допускается только с письменного разрешения редакции

Журнал зарегистрирован в Федеральном агентстве Российской Федерации по печати и массовым коммуникациям. Регистрационное свидетельство Эл № ФС77-77054

© ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2020

CURRENT FIRE SAFETY ISSUES

ONLINE SCIENTIFIC JOURNAL

Founder: The Badge of Honour Federal State Budgetary Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters

Authors of published materials are responsible for selection and accuracy of adduced facts, economic-statistical and other data as well as for using of information, prohibited for open publication.

Editorial staff may publish articles in order of discussions, not sharing an author's view

No part of the publications in «Current Fire Safety Issues» journal may be reprinted without the prior written permission of the editor

The journal is registered in the State Press Committee of the Russian Federation.

The registration certificate
Эл № ФС77-77054

© FGBU VNIPO EMERCOM of Russia, 2020

Редакционная коллегия:

Гордиенко Д.М. (гл. ред.), д-р техн. наук, нач. ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Балашиха, Московская обл., Россия)

Хасанов И.Р. (зам. гл. ред.), д-р техн. наук, гл. науч. сотр. ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Балашиха, Московская обл., Россия)

Алешков М.В., д-р техн. наук, зам. нач. ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России (Москва, Россия)

Болодьян И.А., д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки Рос. Федерации, гл. науч. сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Балашиха, Московская обл., Россия)

Гончаренко И.А., д-р физ.-мат. наук, проф., проф. каф. естественных наук Государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

Копылов Н.П., д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки Рос. Федерации, гл. науч. сотр. ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Балашиха, Московская обл., Россия)

Копылов С.Н., д-р техн. наук, нач. науч.-иссл. центра ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Балашиха, Московская обл., Россия)

Логинов В.И., д-р техн. наук, гл. науч. сотр. ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Балашиха, Московская обл., Россия)

Порошин А.А., д-р техн. наук, нач. науч.-иссл. центра ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Балашиха, Московская обл., Россия)

Цариченко С.Г., д-р техн. наук, проф.

Шебеко Ю.Н., д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Балашиха, Московская обл., Россия)

Editorial Board:

Gordienko D.M. (Editor-in-Chief), Doctor of Technical Sciences, Head of FGBU VNIPO EMERCOM of Russia (Balashikha, Moscow region, Russia)

Khasanov I.R. (Deputy Chief Editor), Doctor of Technical Sciences, Main Researcher of FGBU VNIPO EMERCOM of Russia (Balashikha, Moscow region, Russia)

Aleshkov M.V., Doctor of Technical Sciences, Deputy Chief of State Fire Academy EMERCOM of Russia (Moscow, Russia)

Bolodyan I.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Main Researcher of FGBU VNIPO EMERCOM of Russia (Balashikha, Moscow region, Russia)

Goncharenko I.A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of Department of Natural Sciences of the State Educational Institution "University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus" EMERCOM of the Republic of Belarus

Kopylov N.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Main Researcher of FGBU VNIPO EMERCOM of Russia (Balashikha, Moscow region, Russia)

Kopylov S.N., Doctor of Technical Sciences, Chief of Research Center of FGBU VNIPO EMERCOM of Russia (Balashikha, Moscow region, Russia)

Loginov V.I., Doctor of Technical Sciences, Main Researcher of FGBU VNIPO EMERCOM of Russia (Balashikha, Moscow region, Russia)

Poroshin A.A., Doctor of Technical Sciences, Chief of the Research Center of FGBU VNIPO EMERCOM of Russia (Balashikha, Moscow region, Russia)

Tsarichenko S.G., Doctor of Technical Sciences, Professor

Shebeko Yu.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Main Researcher of FGBU VNIPO EMERCOM of Russia (Balashikha, Moscow region, Russia)

СОДЕРЖАНИЕ

Теоретические и экспериментальные исследования

5

Вогман Л.П., Ильичев А.В., Зуйков В.А., Простов Е.Е., Долгих Д.В.

Особенности пожаровзрывоопасных свойств аммиачной селитры, способы ее тушения и условия безопасного хранения

17

Копылов С.Н., Шентяпин Д.С., Баранов Е.В., Гришин В.В., Архипов Е.Е.

Сравнительный анализ требований ГОСТ Р и IMO MSC/Circ., определяющих качество пенообразователей, используемых для тушения пожаров пенами

Обмен опытом

22

Барановский А.С., Леончук П.А., Зуев С.А., Шамонин В.Г.

Противопожарные расстояния между объектами различного назначения. Пожар в помещении складского типа. Серия расчетов

30

Хасанов И.Р., Иващук Р.А., Пехотилов А.В., Павлов В.В.

Обоснование требуемых пределов огнестойкости несущих конструкций мостовых сооружений

К 75-летию Победы в Великой Отечественной войне

36

Брешина В.Н., Сайгина Н.В., Архипова Е.Е., Дробышева Г.Н.

Борьба с пожарами в блокадном Ленинграде

41

Глушковская К.В.

Бойцы культурного фронта

43

Бородина Н.В., Архипова Е.Е., Завидская М.Г., Сайгина Н.В.

Участие пожарных в партизанском движении

47

Бородина Н.В., Брешина В.Н., Катаргина И.В., Завидская М.Г.

Женщины-пожарные в годы Великой Отечественной войны

52

Щеняев В.И., Попов С.В.

Наши деды приближали Победу

CONTENTS

Theoretical and experimental research

5

Vogman L.P., Ilyichev A.V., Zuykov V.A., Prostov E.E., Dolgikh D.V.

Features of fire-explosive properties, extinguishing methods and safe storage conditions of ammonium nitrate

17

Kopylov S.N., Shentyapin D.S., Baranov E.V., Grishin V.V., Arkhipov E.E.

Comparative analysis of GOST R and IMO MSC/Circ. Requirements determining the quality of foaming agents used for fire extinguishing by foams

Experience exchange

22

Baranovsky A.S., Leonchuk P.A., Zuev S.A., Shamonin V.G.

Fire protection distances between constructions of different purpose. A fire in a warehouse-type premise. Series of calculations

30

Khasanov I.R., Ivashchuk R.A., Pekhotikov A.V., Pavlov V.V.

Justification of the required fire resistance limits for bearing structures of bridgeworks

To the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War

36

Breshina V.N., Saigina N.V., Arkhipova E.E., Drobysheva G.N.

Fire fighting in besieged Leningrad

41

Glushkovskaya K.V.

Fighters of the cultural front

43

Borodina N.V., Arkhipova E.E., Zavidskaya M.G., Saigina N.V.

Participation of firefighters in the partisan movement

47

Borodina N.V., Breshina V.N., Katargina I.V., Zavidskaya M.G.

Female firefighters during the Great Patriotic War

52

Shchenyaev V.I., Popov S.V.

Our grandfathers brought Victory closer

УДК (083.7)614.84:631.842.4

DOI 10.37657/vniipo.2020.4.2.001

Л.П. ВОГМАН, гл. науч. сотр., д-р техн. наук; А.В. ИЛЬИЧЕВ, зам. нач. отд. – нач. сектора; В.А. ЗУЙКОВ, вед. науч. сотр.; Е.Е. ПРОСТОВ, ст. науч. сотр.; Д.В. ДОЛГИХ, науч. сотр. (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ СВОЙСТВ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ, СПОСОБЫ ЕЕ ТУШЕНИЯ И УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ

В соответствии с российскими нормами хранение аммиачной селитры, как правило, должно осуществляться в отдельностоящих одноэтажных складских зданиях не ниже II степени огнестойкости. При этом максимально допустимое количество хранимой селитры в пределах пожарного отсека не должно превышать 5000 т, в то время как в странах Прибалтики (Латвия, Эстония) допускается единовременное хранение 25 000 т и более.

В работе предпринята попытка расчетно-аналитическим путем обосновать унификацию требований пожарной безопасности российских и зарубежных норм хранения аммиачной селитры.

Ключевые слова: аммиачная селитра, пожаровзрывоопасность, тушение, хранение

Введение

В последнее время вновь возник интерес к хранению аммиачной селитры и вызван этот интерес тем, что в морских портовых терминалах Прибалтийских государств допускается единовременное хранение 25 000 и более т селитры, в то время как российскими нормами, допускается максимальное хранение только 5000 т продукта. Это создает затруднения при осуществлении поставок селитры из европейских государств и, в частности, из портовых терминалов Прибалтийских государств в Россию.

Различный подход к определению «критической массы» аммиачной селитры, установленный в российских [1, 2] и зарубежных [3, 4] нормативных документах, регламентирующих требования пожарной безопасности к ее хранению, обусловлен физико-химическими и пожаровзрывоопасными свойствами этого продукта, поскольку при определенных условиях аммиачная селитра проявляет свойства взрывчатых веществ.

1. Физико-химические и пожаровзрывоопасные свойства аммиачной селитры

Аммиачная селитра – NH_4NO_3 (нитрат аммония, азотнокислый аммоний, аммонийная соль азотной кислоты) – белый кристаллический весьма гигроскопичный порошок: молекулярная масса 80,04, насыпная плотность $550 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ [5], температура плавления чистой селитры $169,6^\circ\text{C}$ [6], в воде растворяется, растворимость возрастает с повышением температуры t (122 % (мас.) при 0°C и 600 % (мас.) при 80°C). При увлажнении температура t снижается и определяется по уравнению: $t = 169,4 - 13,2 W$, где W – содержание воды (% (мас.)) [5].

Селитра легко слеживается: при повышении влажности и увеличении температуры хранения изменяется кристаллическая структура продукта, в результате чего происходит связывание его массы в сплошной монолит [7–9]. Сле-

живание происходит и при подсыхании влажного продукта в местах хранения с низкой относительной влажностью от давления верхних слоев продукта на нижние. В этом случае также имеет место перекристаллизация в зависимости от изменения температуры. Ее гигроскопическая точка при 20 °С равна 66,9 % относительной влажности воздуха, т. е. практически при влажности более 60 % селитра увлажняется. Например, при температуре 33 °С и последующем охлаждении селитра рекристаллизуется с изменением объема и увеличением плотности. В сырых помещениях, и особенно при хранении рассыпью, в ней появляется рассол – концентрированный раствор продукта в воде.

Существует несколько модификаций кристаллов аммиачной селитры. Наиболее устойчивая из них с простой ромбической решеткой образуется при температуре от 18 до 32 °С. Образование новых кристаллов происходит при температуре 32,3 °С, продукт слеживается и уплотняется, поэтому температура хранения не должна превышать 30 °С.

Уплотнению и слеживаемости селитры способствует также ее попеременное увлажнение и подсушивание, ведущее к распаду старых кристаллов и образованию новых, цементирующих всю массу.

Таким образом, слеживаемость объясняется способностью селитры при изменении температуры переходить из одной кристаллической модификации в другую, т. е. образовывать новые кристаллы, более крупные, чем начальные, приводя к увеличению объема продукта [7].

Для уменьшения слеживаемости селитры ее обрабатывают различными минеральными добавками, в качестве которых используются мел, доломит, зола, гипс и др. В последние годы для предотвращения слеживаемости селитры кристаллы покрывают порошкообразными минеральными веществами (гипс, каолин) или парафином, ее гранулируют.

Аммиачная селитра относится к малоопасным веществам: ПДК в воздухе рабочей зоны составляет $10 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, по степени воздействия на организм человека – к 4 классу опасности [10]. По ГОСТ 19433–88 [11] она относится к 5 классу, подклассу 5.1, классификационный шифр группы 5113, номер ООН 1942 [12], номер карточки (при транспортировании железнодорожным транспортом) № 509 [13].

Аммиачная селитра является сильным окислителем, относится к пожароопасным и взрывоопасным соединениям с характеристиками: температура разложения 195–205 °С, температура самовоспламенения 350 °С, нижний концентрационный предел распространения пламени $175 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$, теплота взрывчатого превращения $1600 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1}$ [6]. Следует заметить, что теплота сгорания аммиачной селитры в других источниках имеет другие значения: от 460 [14], 1400 [15] до $3700 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1}$ [16]. При разложении селитры (температура выше 200 °С) образуются оксиды азота и пары воды, при этом при взаимодействии оксидов и селитры выделяются кислород и аммиак, что может привести к взрыву. Селитра может взрываться и при попадании в зону пожара [10].

Аммиачная селитра выпускается двух марок: А (для промышленности) и Б (для сельского хозяйства). Суммарная массовая доля нитратного и аммонийного азота в пересчете на аммиачную селитру составляет: для селитры марки А – 98 % (мас.) не менее, для марки Б – не нормируется; азота в сухом веществе марки А – не нормируется, марки Б – 34,4 %, не менее. Массовая доля воды с добавками стабилизирующих добавок составляет 0,4 %, общей воды не более 0,7 % (мас.) [10].

При горении селитра плавится и растекается, вызывая все новые очаги загорания, при этом вероятность взрыва расплавленной селитры значительно выше, чем кристаллической. Толщина критического слоя распространения взрыва в безоболочном заряде составляет: кристаллической селитры 30–50 мм, мелкодисперсной 15–20 мм [5].

В присутствии некоторых веществ как органического, так и неорганического происхождения температура разложения селитры снижается. Например, при добавлении к аммиачной селитре древесной муки она составляет 170 °С, серного колчедана 120 °С, а при смешении ее с измельченным цементным камнем (в соотношении 1:1) снижается до 40 °С благодаря протекающей между селитрой и гидроксидом кальция химической реакции. Селитра, содержащая 0,3 % (мас.) хлор-иона, разлагается со взрывом при температуре 230 °С. Образец смеси селитры с полиэтиленом, фосфатом кальция или с 3%-ной талькомагнезитовой добавкой в соотношении 1:1 имеет температуру самовоспламенения 350 °С, а нижний концентрационный предел распространения пламени 125 г · м⁻³. Органические вещества при контакте с аммиачной селитрой также изменяют свои свойства. Температура воспламенения горючих материалов, пропитанная ею, снижается. Так, битумированная бумага, из которой делают тару под селитру, имеет температуру воспламенения 250 °С, в то время как эта бумага, пропитанная селитрой и высушенная, воспламеняется уже при 200 °С. Снижение температуры зарегистрировано и обычной, и прорезиненной бумаги, пропитанной селитрой. Поэтому контакт селитры с горючими веществами, такими как уголь, солома, бумага торф, джут, мешкотара при определенных условиях может привести к загоранию даже при незначительном импульсе. Контакт этих продуктов с селитрой может также привести к химическому самовозгоранию за счет теплоты реакции при температуре 100 °С. При автокаталитическом разложении селитры, обусловленном выделением диоксида азота и водяного пара, в результате такого контакта органические продукты разогреваются до температуры их самовоспламенения [6–8]. К самовозгоранию может привести и взаимодействие аммиачной селитры с маслами, легковоспламеняющимися и горючими жидкостями, другими нефтепродуктами, а также с различными металлами в порошкообразном состоянии, в частности, с алюминием.

При взаимодействии селитры с серной кислотой, встречающейся в свободном состоянии в минеральных удобрениях (например, суперфосфат), или с ее кислыми солями образуется азотная кислота. При обычной температуре на свету при нагревании она разлагается с образованием окислителей: атомарного кислорода и диоксида азота. Органические вещества и материалы при воздействии на них окислителей самовозгораются.

2. Статистические данные пожаров и взрывов аммиачной селитры

Аммиачная селитра широко применяется в промышленности и в сельском хозяйстве. При хранении, транспортировании и переработке селитры зарегистрировано много случаев пожаров и взрывов. О наиболее резонансных из них речь пойдет ниже [7, 8].

В апреле 2013 г. Уэст (Техас, США) загорелось и взорвалось хранилище с 30 т аммиачной селитры. Взрыв уничтожил большую часть объекта компании West Fertilizer. Образовалась воронка глубиной 3,5 м и диаметром 35 м. Почти каждое сооружение на расстоянии ~ 520 м (дома, школы, дом престарелых) было повреждено или разрушено. Погибли 15 чел. (10 из них пожарных), около 200 чел. травмированы.

Ниже приводится информация о взрывах аммиачной селитры, опубликованная в СМИ Латвии.

США, г. Техас-Сити

Взрыв на 135-метровом французском сухогрузе «Гранкан» 2300 т аммиачной селитры в 45-килограммовых бумажных мешках. Мощность взрыва была такова, что вода у причала испарилась. Части корабля весом в тонну оказались на расстоянии 3,5 км от причала. Рухнули бетонные склады и находившиеся на другом берегу залива нефтяные вышки. Наполненная нефтью 50-метровая баржа, стоявшая рядом с «Гранканом», пролетела 70 м по воздуху, прежде чем упасть на автостоянку. Взрывной волной накрыло не только 600 автомашин в различных районах города, но и два пролетавших спортивных самолета, рухнувших в воду. Загорелись предприятия химического комплекса, только на химкомбинате «Монсанто» из 450 работников погибли 154, еще около 200 были тяжело ранены.

На стоящих неподалеку паромов «Хайфлаер» и «Вильсон Киин» детонировали селитра и сера. От этих взрывов пожары распространились на терминалы двух нефтяных компаний.

Всего в городе и его окрестностях погибли 1500 чел, ранены более 5000, несколько сотен пропали без вести. Повреждено более 1100 автомобилей, в металлолом превращено 362 грузовых вагона. На 75 % уничтожена нефтеперерабатывающая и химическая и промышленность города, 2/3 Техас-Сити разрушено. Имущественный ущерб превысил 100 млн долларов.

Франция, г. Тулуза

После взрыва 300 т аммиачной селитры на химическом комбинате образовалась воронка глубиной 15 м, погибли 30 чел., ранено 3500, фрагменты частей тела жертв находили на расстоянии 15 км. Разрушены или получили серьезные повреждения 27 000 квартир, 184 детских сада, 79 школ, 26 колледжей, 2 университета, прекратили деятельность 134 предприятия, лишились крыши над головой 40 000 чел. В зоне радиусом в 1 км от эпицентра взрыва не подлежало восстановлению ни одно строение, в зоне 2–3 км снесены крыши домов, повреждены стены, в зоне 8 км – центр города: в окнах выбиты все стекла, в негодность пришли легкие конструкции, пострадали концертный зал и стадион. Общая сумма ущерба приблизилась к 3 млрд евро, органы власти и страховые компании получили порядка 100 тысяч требований о возмещении убытков.

Мексика, Коахила

Грузовик с прицепом, перевозивший навалом 22 т аммиачной селитры, попал в дорожно-транспортное происшествие. Начавшийся в кабине водителя пожар привел к взрыву. Погибли 37 чел., около 150 были ранены. Воронка от взрыва была диаметром свыше 18 м и около 2 м глубиной.

На территории Советского Союза приводятся случаи пожаров при складировании селитры.

Описаны пожары в Грузии, которые произошли при хранении селитры [8]. В одном случае (1955 г.) сгорело складское помещение в результате самовозгорания органических материалов в присутствии аммиачной селитры. В другом случае (1965 г.) причиной пожара стало хранение в помещении несовместимых веществ: селитры, суперфосфата и других минеральных удобрений. Похожий пожар произошел в Луганской области в 1957 г. Причиной пожара послужило химическое самовозгорание при контакте селитры с серным колчеданом при размещении ее на земляном полу. В 1965 г. в Ростовской области зарегистрировано более 10 случаев пожаров на складах минеральных удобрений, где хранилась селитра.

За последние 10 лет (2009–2019 г.) в России в зданиях складов химических веществ, минеральных удобрений и ядохимикатов (в том числе и в зданиях хранения аммиачной селитры) произошли 74 пожара с общим ущербом около 200 млн руб. В них пострадали 12 чел. Столь незначительные последствия и потери в пожарах при хранении химических веществ, минеральных удобрений и ядохимикатов обусловлены, прежде всего, тем, что качество выпускаемой продукции повысилось. Например, содержание аммиачной селитры марки А достигает 98 % (мас.) по основному продукту [10], выпускается продукция в виде гранул. Соблюдаются требования и по совместному (в одном здании) хранению материалов удобрений и химических средств защиты растений, выполняются и другие требования пожарной безопасности при хранении. Как следует из статистики аварий, за последние 50 лет в России не зарегистрировано ни одного случая взрыва в хранилищах селитры.

Анализ статистических данных о пожарах и взрывах при хранении аммиачной селитры свидетельствует о серьезных проблемах в обеспечении пожаровзрывобезопасности процессов ее хранения. Из описания аварий следует, что чаще всего их причиной становится химическое самовозгорание селитры при ее взаимодействии с несовместимыми веществами и материалами: органическими веществами и материалами, маслами и т. п., или использование, хранение загрязненного примесями продукта.

3. Анализ нормативных требований пожарной безопасности хранения аммиачной селитры

Аммиачную селитру марок А и Б [10] в России упаковывают в сварные или клееные влагопрочные полиэтиленовые мешки или в мешки из пропиленовых нитей, в пяти-, шестислойные ламинированные мешки, в мягкие контейнеры разового или многократного использования. Ее упаковывают также во влагопрочные мешки, а затем в специализированные металлические контейнеры при транспортировании железнодорожным, водным и автомобильным транспортом [10, 13].

В соответствии с российскими нормами [1, 2] хранение аммиачной селитры, как правило, должно осуществляться в отдельно стоящих одноэтажных бесчердачных складских зданиях не ниже II степени огнестойкости, полы должны быть выполнены из кислотостойких негорючих материалов. Наибольшая допустимая площадь этажа в пределах пожарного отсека складских зданий для удобрений и пестицидов для одноэтажных зданий II степени огнестойкости категории А по взрывопожарной опасности составляет 5200 м², категории Б – 7800 м², категории В – 10 500 м². При определении площади этажа для хранения аммиачной селитры (за исключением водоустойчивой селитры) можно хранить не более 5000 т насыпью, в специальных мешках – не более 2500 т продукта. Хранение селитры в специальных мешках массой до 3500 т в помещениях, разделенных перегородками из материала НГ с пределом огнестойкости не менее REI 45, может быть предусмотрено в отдельно стоящих складских зданиях. Штабели селитры в мешках не должны превышать 700 т. Расстояние между штабелями для проезда механизмов должно быть не менее 1,5 м, проходы не менее 1 м [2]. В исключительных ситуациях допускается хранение селитры в отдельном отсеке общего склада минеральных удобрений сельскохозяйственного предприятий I или II степени огнестойкости [2].

Допускается размещать изолированные складские помещения (части зданий II степени огнестойкости) для хранения селитры в составе зданий для других

агрохимикатов. При этом помещения для хранения аммиачной селитры в количестве не более 1500 т отделяются от других складских помещений для удобрений и пестицидов сплошными (без проемов) перегородками из материала НГ с пределом огнестойкости не менее EI 45.

В соответствии с прил. 1 и 2 к Федеральному закону № 116-ФЗ [16] для опасных производственных объектов в зависимости от количества обращающейся взрывопожароопасной продукции устанавливаются классы опасности. Объекты хранения аммиачной селитры идентифицируются в качестве опасных производственных объектов. Например, для объекта I класса опасности с обращением на нем аммиачной селитры и ее смесей, которые одновременно находятся или могут находиться на объекте и которые содержат в селитре азота из нитрата аммония более 28 % массы, допускается содержать 25 000 т и более продукта, а селитры в форме удобрения с тем же содержанием азота – 100 000 т и более. С уменьшением количества хранимой селитры класс опасности снижается от I до IV. Объекты хранения селитры массой 5000 т относятся к II классу опасности. Таким образом, с точки зрения взрывобезопасности объектов хранения аммиачной селитры на складах можно размещать 25 000 т и более продукта. В зависимости от класса опасности в соответствии с Федеральными нормами и правилами [17] (п. 17, 25, 49, 50, 5, 66, 73, 75, 77, 79, 80–86, 90, 92, 94, 99–103, 105, 106 и др.) устанавливаются требования безопасности к соответствующим объектам по предотвращению взрывов.

В соответствии NFPA-400 [3, 4] требования безопасности устанавливаются к объектам с обращением в нем селитры, превышающем 450 кг.

В России, Украине, странах Европы допускается складирование аммиачной селитры на складах и портах до 5000 т.

В странах Прибалтики в морских терминалах допускается единовременное хранение 25 000 т в одном складе (постановление Министра экономики Эстонии от 11.01.2016 г.) и рассматривается возможность хранения 90 000 т селитры.

4. Особенности возникновения, развития и тушения пожаров на складах аммиачной селитры

Следует особо подчеркнуть, что, как видно из обзора статистики аварий с аммиачной селитрой, данных литературы и расчета тротилового эквивалента, последствия взрыва 20, 200, 2000 т и более будут одинаково катастрофическими. Поэтому взрыва допускать нельзя.

Как отмечалось выше, в соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ [16] и прил. 1 и 2 к нему для опасных производственных объектов в зависимости от количества обращающейся взрывопожароопасной продукции устанавливаются классы опасности и требования к классам опасности (п. 17, 25, 49, 50, 5, 66, 73, 75, 77, 79, 80–86, 90, 92, 94, 99–103, 105, 106 и др. [18]). Объекты хранения аммиачной селитры идентифицируются в качестве опасных производственных объектов. Например, для объекта I класса опасности с обращением на нем аммиачной селитры и ее смесей, которые одновременно находятся или могут находиться на объекте и которые содержат в селитре азота из нитрата аммония более 28 % массы, допускается размещение 25 000 т и более продукта, а селитры в форме удобрения с тем же содержанием нитрата аммония 100 000 т и более продукта.

Отсюда вытекает важный вывод о том, что нельзя допускать повышение температуры на складах аммиачной селитры до температуры начала ее разложения (выше 160 °С) и тем более до температуры горения при пожаре. Эта за-

дача решается регистрацией на ранней стадии начала процесса разложения селитры, выбором средств и способов предотвращения и тушения пожара.

Аммиачная селитра в условиях пожара при воздействии высокой температуры разлагается с выделением кислорода, оксидов азота и аммиака, что не исключает возможности взрыва. Рост температуры и давления в помещении представляет угрозу взрыва. Сильный и длительный прогрев всей массы селитры в процессе горения конструкций складов, вызывающий ее растекание и последующее разложение, может привести к взрыву. Особенность тушения пожара заключается в том, что вентилирование помещения при пожаре прекращать нельзя. Дело в том, что приток воздуха, который при большинстве пожаров различных веществ и материалов способствует развитию пожара, при пожаре селитры, сопровождающемся в процессе ее разложения образованием кислорода, оксидов азота и аммиака, будет приводить к дополнительному вентилированию воздушной среды и ее охлаждению. Иначе говоря, при пожаре аммиачной селитры в помещении необходимо обеспечить наилучшие условия его вентилирования (не выключать систему вентиляции) и разгерметизации путем открытия ворот, дверей, окон, люков, а на плавсредствах – иллюминаторов, трюмных отверстий, люков и других преград.

Поскольку аммиачная селитра растворяется в воде, то лучшим средством ее тушения является вода, пена средней и низкой кратности, подаваемые с высокой интенсивностью в виде распыленных или компактных струй. В соответствии с СП 5.13130.2009, например, для помещений категории В1, В2 высотой 18 м интенсивность орошаемой площади водой должна быть не менее $0,42 \text{ л} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, раствором пенообразователя не менее $0,27 \text{ л} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ (табл. 5.3), а расход должен быть не менее 105 и 165 $\text{л} \cdot \text{с}^{-1}$ соответственно. При этом защищаемая орошаемая водой площадь должна быть не менее 252 м^2 , а раствором пенообразователя 303 м^2 .

Следует отметить, что по своим физико-химическим и пожаровзрывоопасным свойствам аммиачная селитра схожа с пероксидами: при разложении пероксидов, как и при разложении селитры, выделяются кислород, оксиды азота, которые активизируют горение и могут привести к взрыву. Тушение пероксидов осуществляется большими расходами воды вплоть до затопления складов. Для помещений складов пероксидов предусматриваются системы автоматического водяного дренчерного или спринклерного пожаротушения с интенсивностью подачи воды не ниже $0,16 \text{ л} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$. Сравнение расходных параметров для тушения селитры и пероксидов по воде и по воде с пенообразователем показывает, что для селитры они почти в два раза выше.

Наружное пожаротушение складских зданий, в которых осуществляется хранение аммиачной селитры, должно производиться в соответствии требованиями СП 8.13130.2009. Если принять максимальную площадь хранения селитры в здании I или II степени огнестойкости (или площадь этажа 10 400 м^2 между противопожарными стенами), С0, С1 конструктивной пожарной опасности, категории В по пожарной опасности в соответствии с данными п. 6.3.11 (табл. 11) СП 4.13130.2013 [1], а высоту, равной 18 м, то объем здания (отсека) составит 189 000 м^3 . Тогда в соответствии с табл. 4 СП 8.13130.2009 расход воды на наружное пожаротушение составит 30 $\text{л} \cdot \text{с}^{-1}$.

В соответствии с СП 10.13130.2009 на складах аммиачной селитры должен быть предусмотрен внутренний водопровод. Например, для зданий I и II степени огнестойкости категории В по пожарной опасности объемом до 200 тыс. м^3 (пло-

щадь отсека 10 400 м², высота 18 м) в соответствии с п. 4.1.1 и 4.1.2 СП 10.13130 должно быть предусмотрено четыре ствола с расходом воды не менее 5 л · с⁻¹.

Наибольший эффект тушения на складах селитры достигается при использовании стволов А и Б. Применять стволы большего диаметра (например, лафетные), особенно в самом начале пожара, нецелесообразно, так как это ведет к разрыву мешков, тары, просыпанию продукта на пол, развалу штабелей и образованию завалов между ними. Могут образовываться закрытые объемы между мешками, внутри штабелей участки разложения селитры и скрытые очаги горения.

Однако если свободное горение в помещении склада селитры продолжается более 30 мин, то в этом случае подача воды с помощью лафетных стволов в виде компактных мощных с дальних дистанций струй вплоть до полного затопления зоны горения с соблюдением мер предосторожности от взрыва для ствольщиков будет обоснована. Распыленная вода и тем более пар в условиях развитого пожара селитры могут оказаться неэффективными. В то же время при хранении селитры навалом или при расплавлении масс продукта, которые при растекании создают условия для развития пожара, для охлаждения всей поверхности удобрения целесообразно использовать распыленную воду. Подача компактных струй на поверхность массы селитры или при ее растекании приводит к ее разбрызгиванию и увеличению площади горения. Предотвращению растекания расплавленной массы селитры можно обеспечить приямками, поддонами, преградами в виде обвалований из песка и земли.

При небольших очагах пожара селитры используют водяные и пенные огнетушители. Воздействие воды и водопенных средств приводит к интенсивному охлаждению очага горения, уменьшению растекания расплава селитры, увлажняет тару, проникает между мешками и штабелями. Применение пара для тушения селитры не рекомендуется, поскольку в этом случае температура очага снижается слабо.

Складские помещения аммиачной селитры должны быть оснащены системами пожарной сигнализации в соответствии с требованиями СП 5.13130.2009. Как отмечалось выше, аммиачная селитра является пожароопасным веществом, сильным окислителем, с характеристиками: температура разложения 195–205 °С, температура самовоспламенения 350 °С. Иначе говоря, это вещество не имеет температуры вспышки и воспламенения, горит только при разложении в виде расплавленной выше температуры 160 °С массы низким пламенем и с невысокой интенсивностью в газовой фазе за счет одновременного выделения окислителей (кислород и оксиды азота) и аммиака и взаимодействия их с аммиачной селитрой [10]. В горении могут принимать участие в небольших количествах присадки к селитре, а также упаковочный материал (полиэтилен, пропиленовая ткань). В соответствии со свойствами аммиачной селитры и требованиями п. 13 табл. 1 прил. М СП 5.13130.2009 в качестве пожарных извещателей в хранилищах аммиачной селитры могут быть применены датчики на пламя, тепло и дым.

5. Предложения по корректировке требований СП 4.13130.2013, относящихся к хранению аммиачной селитры

На основании анализа литературы и расчетно-аналитических исследований предложены изменения и дополнения в СП 4.13130.2013 [1].

Раздел 6.3 Требования к складским зданиям

Пункт 6.3.12 изложить в следующей редакции:

«Аммиачную селитру и ее производные допускается хранить в одноэтажных складских зданиях не ниже II степени огнестойкости, класса конструктивной пожарной опасности С0. Площадь этажа в пределах пожарного отсека не должна превышать 10 500 м².

Между противопожарными стенами 1-го типа допускается хранение не более 25 000 т аммиачной селитры и ее производных насыпью или в специальных мешках, а также в мягких специализированных контейнерах для сыпучих продуктов в соответствии с ГОСТ 2–2013.

Условия размещения аммиачной селитры и ее производных в штабелях следует принимать в соответствии с требованиями СП 92.13330.2012.

Температура в помещении хранения аммиачной селитры и ее производных не должна превышать 30 °С при относительной влажности не более 60 %.

Складские помещения для хранения аммиачной селитры и ее производных должны быть оборудованы общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией с целью исключения образования пожаровзрывоопасной среды в помещении при разложении аммиачной селитры.».

Пункт 6.3.14 изложить в следующей редакции:

«Складские помещения для хранения аммиачной селитры и ее производных в количестве не более 5000 т допускается отделять от других помещений, в том числе от складских помещений для удобрений и пестицидов, сплошными (без проемов) противопожарными стенами 2-го типа.».

Заключение

Анализ свойств пожаровзрывоопасности аммиачной селитры, особенностей тушения свидетельствует о том, что к хранению этого вещества, применяемого как удобрение, следует предъявлять соответствующие этим особенностям требования пожарной безопасности и противопожарной защиты. С одной стороны, аммиачная селитра относится к негорючим пожароопасным веществам. С другой стороны, при ее разложении выделяется большое количество кислорода, оксидов азота, взаимодействие с которыми при повышенных температуре и давлении органических веществ и материалов может привести к взрыву.

Нормативные требования, которые относятся к хранению аммиачной селитры и содержащиеся в нормативной и технической литературе, представляются отрывочными, недостаточно обоснованными и не учитывают высокие качественные показатели выпускаемой в настоящее время товарной продукции, а также технические возможности по предотвращению и тушению пожаров на складах.

На основании выполненных расчетно-аналитических исследований и обзора технической литературы, а также установленных Федеральным законом № 116-ФЗ [16] норм хранения аммиачной селитры представляется целесообразным осуществить унификацию требований пожарной безопасности по количеству допускаемой к хранению на закрытых складах селитры, принятых у нас в стране и за рубежом исходя из того, что вероятность взрыва в современных хранилищах селитры весьма мала по следующим соображениям.

Выпускаемая в настоящее время гранулированная аммиачная селитра марки А и Б [10] относится к высшей категории качества: суммарная массовая доля нитратного и аммонийного азота в пересчете на нитрат аммония в сухом веществе составляет 98 %, на азот в сухом веществе не нормируется (марка А) или не менее 34,4 % (марка Б). Такая селитра в отсутствие примесей и контакта с горючими веществами в герметичной таре длительное время сохраняет свои

свойства и не подвержена растеканию при допускаемой массовой доле воды 0,7 %, разложению вплоть до 210 °С. Аммиачную селитру марок А и Б в нашей стране упаковывают в сварные или клееные влагопрочные полиэтиленовые мешки, в мешки из полипропиленовой ткани, в мягкие влагонепроницаемые или влагопрочные контейнеры разового или многократного использования. Ее упаковывают также в специализированные металлические влагонепроницаемые или влагопрочные контейнеры при транспортировании железнодорожным, водным и автомобильным транспортом. Селитру допускается перевозить в непакетированном виде. Такая перевозка в районы Крайнего Севера и приравненные к ним районы запрещена.

Таким образом, изменение требований пожарной безопасности к хранению аммиачной селитры в зданиях и сооружениях должно быть обусловлено требованиями к чистоте продукта и его упаковке, к исключению контактов с органическими веществами и материалами, к условиям хранения, а именно:

- не допускать хранение в одном помещении, отсеке несовместимых веществ и материалов;
- температура хранения не должна превышать 30 °С, влажность должна составлять не выше 60 %;
- необходимо предусмотреть приямки при хранении продукта в штабелях под штабелями для предотвращения растекания продукта при повышении температуры в складе выше 160 °С;
- необходимо предусмотреть меры, направленные на предотвращение повышения концентрации газообразных продуктов разложения (кислород, оксиды азота, аммиак) в замкнутом объеме: оборудовать склады аммиачной селитры приточно-вытяжной вентиляцией кратностью не ниже 5; вентиляция при пожаре должна продолжать работу без остановки вплоть до полного прекращения пожара.

Склады селитры следует оснащать:

- автоматической установкой пожарной сигнализации;
- автоматической установкой водяного или водопенного пожаротушения;
- внутренним противопожарным водопроводом;
- источниками наружного противопожарного водоснабжения;
- первичными средствами пожаротушения.

Все эти меры позволят снизить аварийность и минимизировать последствия пожаров, исключить взрывы на складах аммиачной селитры.

Описание типовых объектов хранения селитры, размещение в них штабелей массой 700 т с общей загрузкой склада 5000 т и 25 000 т показывают, что и в том, и в другом случае, выполняются условия для осуществления технологических операций по безопасному хранению продукта, его доставки на склад и вывоза со склада, оснащения объекта всеми элементами предотвращения пожара и пожарной защиты, предусмотренных нормативными документами и новыми требованиями, сформулированными в разд. 5 настоящей статьи в виде дополнений и изменений к СП 4.13130.2013 [1].

Список литературы

1. СП 4.13130.2013. Система противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным решениям.
2. СП 92.13330.2012. Склады сухих минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Актуализированная редакция СНиП II-108-78.

3. Роберт Джеймс, UL; Элизабет Бук, FMRL; Марти Грешо FP2 Fire Inc.; Крис Коннели, пожарный маршал штата Техас; Пол Якобуччи, Акзо Нобель; Пэм Гуффейн, Институт удобрений. Раскрытие загадки нитрата аммония: изменения кода для AN в NFPA-400. NFPA Conference and Expo. Чикаго, июнь 2015 г. (пер. с англ.).
4. NFPA-400. Hazardous Materials Code.
5. Кармолин А.Л., Чернюгов А.Д., Коршунов Ю.Н. Безопасная перевозка взрывчатых веществ железнодорожным транспортом. М.: Транспорт, 1992. 383 с.
6. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник в 2 ч. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2000.
7. Смирнов И.В. Пожарная безопасность при хранении аммиачной селитры. М.: Россельхозиздат, 1984. 62 с.
8. Пожаровзрывоопасность аммиачной селитры при хранении и транспортировании: информационное письмо ВНИИПО МВД СССР. М.: ВНИИПО, 1970. 17 с.
9. Правила по безопасному складированию, хранению, перевозке, подготовке к внесению аммиачной селитры. М.: КОЛОС, 1973. 9 с.
10. ГОСТ 2–2013. Селитра аммиачная. Технические условия.
11. ГОСТ 19433–81. Грузы опасные. Классификация и маркировка.
12. Рекомендации по перевозке опасных грузов. 5-е пересмотр. изд. ООН. Нью-Йорк, 1988.
13. ГОСТ 21124–75. Транспортирование аммиачной селитры в металлических контейнерах. Общие требования.
14. Потемкин Г.А. Критерий пожаровзрывоопасности веществ и материалов // Пожарная безопасность. 2018. № 4. С. 78–83.
15. Земский Г.Т. Огнеопасные свойства неорганических и органических веществ: справочник. М.: ВНИИПО, 2016.
16. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 июня 1997 г. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
17. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности химически опасных производственных объектов». Серия 09. Вып. 40. М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. 72 с.

Материал поступил в редакцию 19.02.2020 г.

Вогман Леонид Петрович – главный научный сотрудник, доктор технических наук; **Ильичев Александр Валерьевич** – заместитель начальника отдела – начальник сектора; **Зуйков Владимир Александрович** – ведущий научный сотрудник; **Простов Евгений Евгеньевич** – старший научный сотрудник; **Долгих Дмитрий Вадимович** – научный сотрудник. Тел. (495) 524-98-59. E-mail: vniipo-3.5.3@yandex.ru (Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)), г. Балашиха, Московская область, Россия.

L.P. Vogman, A.V. Ilyichev, V.A. Zuykov, E.E. Prostov, D.V. Dolgikh

**FEATURES OF FIRE-EXPLOSIVE PROPERTIES, EXTINGUISHING METHODS
AND SAFE STORAGE CONDITIONS OF AMMONIUM NITRATE**

The storage of ammonium nitrate usually should be realized in separate single-story warehouse structures of at least II degree of fire resistance in accordance with Russian standards. At the same time, the maximum allowable amount of stored ammonium nitrate within the fire compartment should not exceed 5000 tons, while the simultaneous storage of 25000 or more tons is allowed in the Baltic countries (Latvia, Estonia).

Authors attempt to substantiate the unification of fire safety requirements for ammonium nitrate storage in Russian and foreign standards by calculation and analysis.

Keywords: ammonium nitrate, fire-and-explosion hazard, extinguishing, storage

Leonid P. Vogman – Doctor of Technical Sciences, Main Researcher; **Alexander V. Ilyichev** – Deputy Head of Department – Head of Sector; **Vladimir A. Zuykov** – Leading Researcher; **Evgeny E. Prostov** – Senior Researcher; **Dmitry V. Dolgikh** – Researcher. Phone: (495) 524-98-59. E-mail: vniipo-3.5.3@yandex.ru.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

УДК 614.842.61

DOI 10.37657/vniipo.2020.4.2.002

С.Н. КОПЫЛОВ, нач. НИЦ АУО и ТП, д-р техн. наук; Д.С. ШЕНТЯПИН, нач. отд.; Е.В. БАРАНОВ, зам. нач. отд., канд. техн. наук; В.В. ГРИШИН, ст. науч. сотр.; Е.Е. АРХИПОВ, ст. науч. сотр. (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ГОСТ Р И IMO MSC/CIRC., ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ПЕНАМИ

В статье представлен анализ требований ГОСТ Р и IMO MSC/Circ., определяющих качество пенообразователей, используемых для тушения пожаров пенами. Показаны различия и схожесть подходов к проведению испытаний, возможность использования оборудования при проведении испытаний по различным действующим стандартам в рамках стандартов России и Морского регистра судоходства.

Ключевые слова: кратность пены, пенообразователь, пена, углеводородный пенообразователь, фторсодержащий пенообразователь

Требования к пенообразователям, используемым для получения огнетушащих пен, стандартов ГОСТ Р 50588–2012, ГОСТ Р 53280.1–2010 и ГОСТ Р 53280.2–2010 [1–3] и стандартов Российского морского регистра судоходства IMO MSC/Circ.1312; MSC/Circ.670; MSC/Circ.798 (Российский морской регистр судоходства использует стандарты Международной морской организации IMO) [4–6] приведены в таблице.

Согласно действующим стандартам ГОСТ Р для приготовления рабочих растворов пенообразователя используется питьевая вода и модели жесткой и морской воды.

Действующие стандарты Российского морского регистра судоходства устанавливают, что для приготовления рабочих растворов пенообразователя используется модель морской воды.

Сравнение стандартов ГОСТ Р и IMO MSC/Circ. в части требований к качеству пенообразователей, используемых для тушения пожаров пенами

№ п/п	Наименование контролируемого показателя IMO / (ГОСТ Р)	Значение показателя по ГОСТ Р 50588–2012, ГОСТ Р 53280.1–2010, ГОСТ Р 53280.2–2010	Значение показателя по MSC/Circ.1312:2010, MSC/Circ.670:1995, MSC/Circ.798:1997
1	Замораживание / размораживание (внешний вид)	Однородная жидкость без осадка и расслоения	Жидкость без осадка и расслоения
2	Седиментация / (наличие осадка), % (об.)	Показатель не определяется	Объем осадка не более 0,25% (сито 180 мкм)
3	Кинематическая вязкость, мм ² /с	Не более 100	Не более 200

4	Водородный показатель pH при 20 °C	В пределах 6,5–8,5	В пределах 6,0–9,5
5	Пленкообразование раствора пены (если используется) / (Коэффициент растекания водного раствора пенообразователя по поверхности н-гептана)	Показатель качества для пенообразователей типов S/AR; AFFF/AR, P/AR, FP/AR, FFFP/AR, AFFF, AFFF/AR-LV, FP, FFFP: не менее 0,3	Показатель качества для пенообразователей типов S/AR; AFFF/AR, P/AR, FP/AR, FFFP/AR, AFFF, AFFF/AR-LV, FP, FFFP: более 0
6	Степень расширения / (кратность пены низкой, средней и высокой кратности)	Полученная кратность пены низкой кратности с помощью генератора пены с расходом 9,96 л/мин: не более 20 Полученная кратность пены средней кратности с помощью генератора пены средней кратности ГПС-100: не менее 60 Полученная кратность пены высокой кратности с помощью генератора пены высокой кратности описанного в ISO 7203-3: не менее 200	Полученная кратность пены низкой кратности с помощью генератора пены с расходом 11,4 л/мин: не более 20 Полученная кратность пены средней кратности с помощью генератора пены средней кратности описанного в ISO 7203-2: не менее 60 Полученная кратность пены высокой кратности с помощью генератора пены высокой кратности описанного в ISO 7203-3: в соответствии с ТУ
7	Время дренажа / (показатель устойчивости пены низкой, средней, высокой кратности) по вытеканию 50 % объема жидкой фазы из пены, с	В соответствии с ТУ	В соответствии с ТУ
8	Испытания на огнестойкость / (время тушения н-гептана пеной низкой, средней, высокой кратностью), с	Испытания на огнестойкость (время тушения н-гептана пеной низкой, средней, высокой кратностью) проводились без проведения испытаний на термостойкость пенообразователя	Испытания на огнестойкость (время тушения н-гептана пеной низкой, средней, высокой кратностью) проводились после проведения испытаний на термостойкость пенообразователя описанной процедурой: Пенообразователь в течение 7 суток выдерживался в климатической камере при температуре 60 °C и 1 день при комнатной температуре

Продолжение таблицы

		Показатель качества для пенообразователей типов S/AR; AFFF/AR, P/AR, FP/AR, FFFP/AR, AFFF, AFFF/AR-LV, FP, FFFP: Время тушения н-гептана пеной низкой кратностью модельного очага площадью 2,8 м ² при «жесткой» подачи пены: не более 90 Время тушения н-гептана пеной средней кратностью модельного очага площадью 1,73 м ² при подачи пены вдоль стенок противня: не более 100 Время тушения н-гептана пеной высокой кратности модельного очага площадью 1,73 м ² : не более 90	Показатель качества для пенообразователей типов S/AR; AFFF/AR, P/AR, FP/AR, FFFP/AR, AFFF, AFFF/AR-LV, FP, FFFP: Время тушения н-гептана пеной низкой кратностью модельного очага площадью 4 м ² при «мягком» подачи пены: не более 300 Время тушения н-гептана пеной средней кратностью модельного очага площадью 1,73 м ² при подачи пены вдоль стенок противня: не более 120 Время тушения н-гептана пеной высокой кратности модельного очага площадью 1,73 м ² : не более 120
9	Время отжига (Время повторного воспламенения модельного очага после тушения)	Пеной низкой кратности: не менее 330 с (5,5 мин) для 100 % поверхности Пеной средней кратности: не менее 330 с (5,5 мин) для 100 % поверхности	Пеной низкой кратности: не менее 900 с (15 мин) для 25 % поверхности Пеной средней кратности: не определяется

По результатам сравнения стандартов IMO MSC/Circ. и ГОСТ Р в части требований к качеству пенообразователей, используемых для тушения пожаров пенами, следует указать на небольшие различия в методиках испытаний.

Условия проведения испытаний, т. е. температура воздуха, топлива, воды, рабочего раствора пенообразователя, максимальная скорость ветра при испытаниях аналогичны или близки.

Состав модели морской воды аналогичен.

В качестве горючей жидкости используется в IMO MSC/Circ. н-гептан технический, в ГОСТ Р – н-гептан эталонный.

Замораживание/размораживание пенообразователя по IMO MSC/Circ. проводится с определением осадка и расслоения, что соответствует определению внешнего вида по ГОСТ Р, однако процедура проведения испытаний значительно отличается, как и применяемое оборудование.

Седиментация, т. е. процентный объем осадка в IMO MSC/Circ. определяется при его наличии, в ГОСТ Р – не определяется, а только фиксируется.

Кинематическая вязкость определяется аналогично, хотя сам показатель нормируется в IMO MSC/Circ. – не более 200, в ГОСТ Р – не более 100.

Водородный показатель pH определяется аналогично, сам показатель в IMO MSC/Circ. – в пределах 6,0–9,5, в ГОСТ Р – в пределах 6,5–8,5.

Пленкообразование раствора пены (если используется), в ГОСТ Р наименование этого показателя – коэффициент растекания водного раствора пенообразователя по поверхности н-гептана. Определяется на аналогичном оборудовании, для определения межфазного натяжения в IMO MSC/Circ. используют циклогексан, в ГОСТ Р – н-гептан, и сам показатель в IMO MSC/Circ. – более 0, в ГОСТ Р – более 0,3.

Степень расширения: в ГОСТ Р наименование этого показателя кратность пены низкой, средней и высокой кратности. При его определении имеются некоторые отличия, особенно для пены средней кратности.

Время дренажа: в ГОСТ Р наименование этого показателя – устойчивость пены низкой, средней, высокой кратности по вытеканию 50 % объема жидкой фазы из пены, он определяется в соответствии с техническими условиями на конкретный пенообразователь.

Испытания на огнестойкость: в ГОСТ Р наименование этого показателя – время тушения н-гептана пеной низкой, средней, высокой кратностью. При его определении имеются некоторые отличия, особенно для пены низкой кратности. Основным отличием IMO MSC/Circ. испытаний на огнестойкость является (т. е. время тушения н-гептана пеной низкой, средней, высокой кратности) в том что они проводятся после проведения испытаний на термостойкость пенообразователя описанной процедурой: пенообразователь в течение 7 суток выдерживается в климатической камере при температуре 60 °С и 1 день при комнатной температуре.

Время отжига: в ГОСТ Р наименование этого показателя – время повторного воспламенения модельного очага после тушения. Имеются некоторые отличия в количественных показателях.

В настоящее время произошло критическое переосмысление действующих стандартов ГОСТ Р 50588–2012, ГОСТ Р 53280.1–2010 и ГОСТ Р 53280.2–2010 [1–3], которые представлены в [7–9], где обоснована необходимость пересмотра некоторых положений, которые будут полностью отвечать современному уровню науки и техники, новые требования приближены к требованиям международной морской организации IMO.

Вместе с тем ФГБУ ВНИИПО МЧС России по-прежнему способен полностью определять характеристики пенообразователей, используемых для получения огнетушащих пен, по методикам действующих стандартов Международной морской организации IMO.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний.
2. ГОСТ Р 53280.1–2010. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 1. Пенообразователи для тушения пожаров водорасстворимых горючих жидкостей подачей сверху. Общие технические требования и методы испытаний.
3. ГОСТ Р 53280.2–2010. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний.
4. Международная морская организация IMO MSC/Circ.1312:2010. Руководство по характеристикам, критериям испытаний и надзору за пенообразователями низкой кратности для стационарных систем пожаротушения.

5. Международная морская организация IMO MSC/Circ.670:1995. Руководство по характеристикам, критериям испытаний и надзору за пенообразователями высокой кратности для стационарных систем пожаротушения.

6. Международная морская организация IMO MSC/Circ.798:1997. Руководство по характеристикам, критериям испытаний и надзору за пенообразователями средней кратности для систем пожаротушения.

7. Архипов Е.Е., Баранов Е.В., Копылов С.Н., Шентяпин Д.С. Пенное пожаротушение и перспективные направления его совершенствования // Пожарная безопасность. 2018. № 3. С. 130–135.

8. Архипов Е.Е., Баранов Е.В., Гришин В.В., Копылов С.Н., Шентяпин Д.С. Разработка межгосударственных стандартов по определению качественных показателей пенообразователей, используемых для получения огнетушащих пен различной кратности // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXI Междунар. науч.-практ. конф. М., 2019. С. 288–291.

9. Архипов Е.Е., Баранов Е.В., Гришин В.В., Копылов С.Н., Шентяпин Д.С. Об итогах проведенного семинара «Проблемы пенного пожаротушения и перспективах регулярного обсуждения проблем пенного пожаротушения с привлечением производителей и потребителей пожарно-технической продукции» // Актуальные проблемы пожарной безопасности: тез. докл. XXX науч.-практ. конф. М., 2018. С. 193, 194.

Материал поступил в редакцию 15.01.2020 г.

Копылов Сергей Николаевич – начальник научно-исследовательского центра АУО и ТП, доктор технических наук, старший научный сотрудник; **Шентяпин Дмитрий Сергеевич** – начальник отдела; **Баранов Евгений Вячеславович** – заместитель начальника отдела – начальник сектора, кандидат технических наук; **Гришин Владимир Васильевич** – старший научный сотрудник; **Архипов Евгений Егорович** – старший научный сотрудник (Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)), г. Балашиха, Московская область, Россия.

S.N. Kopylov, D.S. Shentyapin, E.V. Baranov, V.V. Grishin, E.E. Arkhipov

COMPARATIVE ANALYSIS OF GOST R AND IMO MSC/CIRC. REQUIREMENTS DETERMINING THE QUALITY OF FOAMING AGENTS USED FOR FIRE EXTINGUISHING BY FOAMS

The article provides the analysis of the GOST R and IMO MSC/Circ. requirements determining the quality of foaming agents used for fire extinguishing by foams. There are presented the differences and similarity of testing approaches, as well as the possibility of equipment usage for testing according to various acting standards in the context of Russian standards and the Maritime Register of Shipping.

Keywords: foam expansion ratio, foaming agent, foam, hydrocarbon foaming agent, fluorine-containing foaming agent

Sergey N. Kopylov – Doctor of Technical Sciences, Head of Research Center of Automatic Detection and Extinguishing Systems, Senior Researcher; **Dmitry S. Shentyapin** – Head of Department; **Evgeny V. Baranov** – Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of Department – Chief of Sector; **Vladimir V. Grishin** – Senior Researcher; **Evgeny E. Arkhipov** – Senior Researcher.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

УДК 614.838.44:536.3

DOI 10.37657/vniipo.2020.4.2.003

А.С. БАРАНОВСКИЙ, нач. сектора; П.А. ЛЕОНЧУК, нач. сектора; С.А. ЗУЕВ, вед. науч. сотр., канд. техн. наук; В.Г. ШАМОНИН, вед. науч. сотр., канд. физ.-мат. наук (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ПОЖАР В ПОМЕЩЕНИИ СКЛАДСКОГО ТИПА. СЕРИЯ РАСЧЕТОВ

Проведена серия расчетов по оценке температуры в помещении при пожаре в режиме, регулируемом вентиляцией, поскольку при этом достигается максимальное значение температуры. Рассматривается предельный случай теплообмена со стенами помещения – изотермический. Проанализирован случай пожара в зданиях типа складских и стоянок автомобилей.

Ключевые слова: радиационный поток, пожар, регулируемый вентиляцией, адиабатическая температура, теплообмен со стенами

Введение

В данной статье авторы продолжают рассматривать проблему, сформулированную в работе [1], а также в статьях [2–5].

Анализируется квазистационарная стадия пожара в помещении, регулируемого вентиляцией. При этом рассматривается пожар в здании складского типа. В этом случае имеем тонкие ограждающие стены и высокую теплопроводность, например, стали или чугуна.

1. Входные данные для расчета

Рассматривается пожар в помещении на первом этаже (оси 1–3, рис. прил. 1 [5]) трехэтажного здания класса Ф5.2. На рис. прил. 2 [5] изображен фрагмент плана здания. Входные данные идентичны таковым в [5] за исключением теплопроводности и толщины ограждающих стен.

Согласно табличным данным [6, табл. 6] для характерной температуры 600 °С для углеродистой стали возьмем $\lambda_{steel} = 3 \cdot 10^{-2}$ кВт/(м · К). Как видно из уравнения (3) [5], решение (ИЗ) зависит от отношения λ/d , а не от этих величин порознь. Характерное значение толщины металлической стены склада $d_{steel} \approx 5$ мм. Для простоты, чтобы не менять толщину 5 ограждающих стен (в том же помещении) введем виртуальный коэффициент теплопроводности λ_{virt} , удовлетворяющий соотношению $\lambda_{virt}/d_1 = \lambda_{steel}/d_{steel}$, где $d_1 = 0,5$ м. Отсюда $\lambda_{virt} = 3$ кВт/(м · К), что почти на 4 порядка превосходит взятое в [5] значение $\lambda_p = 0,7 \cdot 10^{-3}$ кВт/(м · К).

Система безразмерных «почти» алгебраических балансных уравнений относительно неизвестных $x_i = T_{w,i}/T_{max}$, $i = \overline{1,5}$; $x_6 = T_G/T_{max}$; $x_7 = \dot{Q}_W/\dot{Q}_C$ представлена в [5]:

$$\begin{aligned} F_i(\vec{x}) &= x_6^4 x_i^4 + C_{151} \overline{\alpha_w} (x_i, x_6)(x_6 - x_i) - C_{152} \overline{\lambda_p} (x_i - \overline{T_{0,i}})/\overline{d_i} = 0, i = \overline{1,5}; \\ F_6(\vec{x}) &= -1 + C_{61} (a_{cp} + b_{cp}^{mod} x_6)(x_6 - \overline{T_{\infty}}) + C_{62} (x_6^4 - \overline{T_{\infty}^4}) + x_7 = 0; \\ F_7(\vec{x}) &= C_7 \overline{\lambda_p} \cdot \sum_{i=1}^5 \overline{S_{wi}} \cdot (x_i - \overline{T_{0,i}})/\overline{d_i} - x_7 = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь все константы, геометрические и теплофизические параметры обозначены в [5], также как и коэффициент теплопроводности внутреннего покрытия поверхности ограждения: $\lambda_{p,ref} = 0,7 \cdot 10^{-3}$ кВт/(м · К) и коэффициент конвективной теплоотдачи $\alpha_{w,ref} = 10^{-2}$ кВт/(м² · К).

Для данной серии расчетов было принято $epsfun = epsroot = epsfr = 10^{-3}$ и, как и в [5] $T_{max} = 2000$ К и $intermax = 100$.

Порядок расчета – идентичен таковому в [5]:

- определение адиабатической температуры x_6^{ad} : ($F_6(\vec{x}) = 0$ для $x_7 = 0$);
- начальная температура газа $x_6^{(0)} = kTg \cdot x_6^{ad}$;
- решение оставшихся уравнений (1) дает начальные значения неизвестным $x_7^{(0)}$ и $x_i^{(0)}$, $i = \overline{1,5}$.

2. Метод Зейделя

Было принято, что критерием окончания работы алгоритма являлось не только близость значений температур T_G (т. е. x_6) на двух смежных итерациях (как указано в [3], но и теплотеря $\dot{Q}_W(x_7)$.

Подстановка значения λ_{virt} вместо $\lambda_p = 0,7 \cdot 10^{-3}$ кВт/(м · К) при неизменных значениях остальных параметров (и $kTg = 1$) привел к следующему результату.

На 1-й же итерации произошла аварийная остановка программы в силу выполнения соотношения: теплоотдача в ограждения помещения превысила тепловыделение в нем ($x_7 = 2,508 > 1$, т. е. $\dot{Q}_W = 114\,296,49$ кВт $> \dot{m}_{air} \cdot \Delta H_{air} = 45\,572,32$ кВт).

Чтобы убедиться в том, что начальное (адиабатическое, $kTg = 1$) приближение лежит вне области «притяжения» корня системы (1), была проведена серия расчетов с уменьшенными значениями температурного мультипликатора $kTg = 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5$ и $0,4$. Результат – тот же досрочное завершение работы алгоритма в силу неравенства ($x_7 > 1$). Следовательно, сам метод Зейделя не «работает» из-за «аномально» высокого значения λ_{virt} . Простейший пример, фигурирующий во всех учебниках по численным методам ([11, 12]): метод «простых» итераций решения скалярного уравнения $x = \varphi(x)$ не сходится, если в окрестности корня $|d\varphi/dx| > 1$. В любом случае, либо искать причину в усовершенствовании метода Зейделя, либо использовать другие методы, отмеченные в [5].

Последующая серия расчетов была проведена с целью нахождения граничного значения λ_p^* такого, что для $\lambda_p \leq \lambda_p^*$ алгоритм Зейделя сходится, а при больших значениях λ_p – нет. Ясно, что это граничное значение зависит от заданных геометрических и теплофизических параметров, фигурирующих в системе (1), а также от выбранных уровней погрешности $epsfun$ и $epsroot$.

Последовательным уменьшением λ_p от значения $\lambda_{virt} = 3$ кВт/(м · К) варьированием было получено:

$\lambda_p^* = 0,03375$; $iterTg = 13$; $x_7^{final} = 0,339$; $F_6(\vec{x}) = 9,91 \cdot 10^{-4}$; $x_6^{final} = 0,74838$ (т. е. $T_G^{final} = 1496,8$ К, индекс final означает конечное состояние).

Таким образом, в данном случае (с $\lambda_{virt} = 3$ кВт/(м · К) метод Зейделя задачу не решает.

3. Метод Стеффенсена

Для решения системы (1) был опробован метод Стеффенсена, изложенный в статье [7] (вместе с подпрограммой на АЛГОЛе и простым отладочным примером).

Решение системы $\vec{f}(\vec{x}) = 0$, где $\vec{f} = (f_1, f_2 \dots f_n)$, $\vec{x} = (x_1, x_2 \dots x_n)$ с задан-

ным начальным приближением $\vec{x}^0 = (x_1^0, x_2^0 \dots x_n^0)$ реализуется итерационной схемой

$$\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k - A^{-1}(\vec{x}^k) \vec{f}(\vec{x}^k), \quad (2)$$

где k – номер итерации, а A – матрица с элементами

$$A_{i,j} = [f_i(\vec{x}^k) - f_i(x_1^k \dots x_{j-1}^k, x_j^k - f_j(\vec{x}^k) \dots x_n^k) / f_j(\vec{x}^k)], \quad (3)$$

где $i, j = \overline{1, n}$

Итерации (3) продолжаются до тех пор, пока выполняется одно из двух неравенств [7]:

$$\sum_{i=1}^n (x_i^{k+1} - x_i^k)^2 \geq \varepsilon_{inv}^2 / 2 \text{ или } \sum_{i=1}^n f_i(\vec{x}^{k+1})^2 \geq \varepsilon_{inv}^2 / 2,$$

где $\varepsilon_{inv} \ll 1$ – заданный уровень точности.

Проверка работоспособности метода Стеффенсена была проведена на отладочном примере [7]:

$$\begin{cases} 4x_1^2 + x_2^2 + 2x_1x_2 - x_2 - 2 = 0 \\ 2x_1^2 + x_2^2 + 3x_1x_2 - 3 = 0 \end{cases}$$

с начальным приближением $x_1^0 = 0,4$; $x_2^0 = 0,9$ и $\varepsilon_{inv} = 10^{-4}$. За 4 итерации был получен точный результат: $x_1 = 0,5$ и $x_2 = 0,9$. При этом программа обращения матриц Ortho2 была позаимствована из [8, с. 121].

Проверка Ortho2 была проведена для двух «отладочных» матриц (4×4): сегмента матрицы Гильберта [9, с. 79, 94] $h_{ij} = 1/(i + j - 1)$ и Вильсона [10, с. 34,35]. Умножение расчетной матрицы на исходную дало «почти» единичную с максимальным отклонением от 1 для диагональных элементов $1,9 \cdot 10^{-7}$, для остальных – $3,7 \cdot 10^{-9}$ для матрицы Гильберта. Для матрицы Вильсона эти отклонения составили $0,7 \cdot 10^{-10}$ и $2,6 \cdot 10^{-10}$ соответственно.

Однако, прогон программы с прежним значением $\lambda_p = 0,7 \cdot 10^{-3}$ кВт/(м · К) привел к ABOCTy (Error 207) вследствие «неопределенности» операции 0/0 в процедуре Ortho2. Более подробно, распечатка элементов матрицы (4) 7×7 показала, что она вырождена (ее определитель равен 0). Поэтому метод Стеффенсена для нашей задачи неприемлем.

4. Метод Ньютона

Стандартный метод Ньютона для системы $\vec{f}(\vec{x}) = 0$, где $\vec{f} = (f_1, f_2 \dots f_n)$, $\vec{x} = (x_1, x_2 \dots x_n)$ с заданным начальным приближением $\vec{x}^0 = (x_1^0, x_2^0 \dots x_n^0)$ имеет вид:

$$\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k - J^{-1}(\vec{x}^k) \cdot \vec{f}(\vec{x}^k),$$

где верхний индекс означает номер итерации, а J – матрицу Якоби [11, 12].

В данном случае она «почти» диагональна, отличные от 0 элементы имеют вид:

$$\begin{aligned} J_{ii} &= -(4x_i^3 + C_{151} \overline{\alpha_w}(x_i, x_6) + C_{152} \overline{\lambda_p} / \overline{d_i}); J_{i6} = 4x_6^3 + C_{151} \overline{\alpha_w}(x_i, x_6); \\ J_{7i} &= C_7 \overline{\lambda_p} \frac{\overline{S_{wi}}}{\overline{d_i}}; i = \overline{1,5}; J_{66} = C_{61} \cdot (a_{cp} - b_{cp}^{mod} \overline{T_\infty} + 2b_{cp}^{mod} x_6) + 4C_{62} x_6^3; \\ J_{67} &= 1; J_{77} = -1. \end{aligned} \quad (4)$$

В этих формулах для элементов J_{ii} и J_{i6} ($i = \overline{1,5}$) представлены приближенные формулы, не учитывающие зависимость коэффициентов конвективной теплоотдачи $\overline{\alpha_w}$ от температур газовой смеси T_G и внутренних поверхностей ограждений помещения T_w при дифференцировании левых частей $F_i(\vec{x})$ по этим переменным. Мы считаем, что эта зависимость существенно более «слабая», чем линейная, и в инженерных расчетах не учитывается. Кроме того, такой учет привел бы к существенному усложнению формул для J_{ii} и J_{i6} (см. выражения для α_w , Ra и Nu в [3]) при дифференцировании левых частей $F_i(\vec{x})$. Последую-

шие расчеты подтвердили правильность указанного упрощения ($\alpha_w \approx \alpha_{w,ref}$).

Критерием окончания работы алгоритма, как и ранее, было условие близости значений неизвестных на двух соседних итерациях:

$$\|\vec{x}^{(n+1)} - \vec{x}^{(n)}\|_1 \leq \epsilon_{inv}, \quad (5)$$

где ϵ_{inv} – заданный малый параметр, и используется кубическая норма в N -мерном линейном нормированном пространстве

$$\|\vec{u}\|_1 = \max_{1 \leq i \leq N} |u_i| \quad (6)$$

в соответствии с определением [13].

Прежде всего «работоспособность» метода Ньютона была проверена результатах, полученных методом Зейделя (толстые ограждающие стены помещения, низкая теплопроводность, ИЗ).

Серия расчетов была проведена при $\lambda_p = 0,7 \cdot 10^{-3}$ кВт/(м · К) и $intermax = 100$, $\epsilon_{inv} = 10^{-4}$, а также с остальными входными данными [5].

Для $kTg = 0,9$ было получено: $x_6^{(0)} = 0,815361$ и далее монотонное снижение температуры газовой смеси до значения $x_6^{(100)} = 0,296096$.

Для $kTg = 1$ итерации выявили противоположную картину: монотонный рост температуры от $x_6^{(0)} = 0,905957$ до $x_6^{(100)} = 0,9568$, т. е. последняя цифра свидетельствует о превышении текущей температуры ее адиабатического значения ($x_6^{(100)} T_{max} = 1913,6$ К > $T_G^{ad} = 1811,9141$ К), что явно не физично. В обоих случаях окончание работы программы произошло по исчерпанию предела итераций, а не по заданному критерию их окончания; в обеих сериях число обусловленности матрицы Якоби не превышало 100.

Ясно, что область «притяжения» корня $\vec{f}(\vec{x}) = 0$ содержится в «узком» интервале $0,9 < kTg < 1,0$. Варьирование температурного мультипликатора в этом диапазоне позволило получить быструю сходимость при $kTg = 0,995$ было получено: $iterNewton = 1$ (первая итерация) и $T_G^{final} = 1802,833$ К, что почти совпадает с конечной температурой, полученной методом Зейделя (см. таблицу в статье [5], равной 1803,555 К).

Критерием правильности расчета, очевидно, является быстрая сходимость и близость результатов, полученных при малых, но отличных друг от друга значений ϵ_{inv} .

Наконец, была проведена серия расчетов для искомого помещения складского типа, т. е. с $\lambda_{virt} = 3$ кВт/(м · К) и остальными вышеуказанными данными. В этой серии на каждой итерации рассчитывалось значение числа обусловленности матрицы Якоби (как возможного источника вычислительных погрешностей) по формуле [13]:

$$COND(J) = \|J^{-1}\|_1 * \|J\|_1, \quad (7)$$

где нормы матриц согласованы с нормой вектора (6):

$$\|A\|_1 = \max_{1 \leq i \leq N} \sum_{j=1}^N |a_{ij}|. \quad (8)$$

Вначале расчеты проводились с постоянным коэффициентом теплоотдачи $\alpha_{w,ref} = 0,01$ кВт/(м² · К).

Проведенная серия расчетов в диапазоне $0,5 \leq kTg \leq 1,0$ с интервалом $\Delta kTg = 0,1$, а затем в диапазоне $0,7 \leq kTg \leq 0,8$ с интервалами $\Delta kTg = 0,05$ и менее с учетом очевидных ограничений [5]

$$\overline{T_{0,i}} \leq x_i \leq x_6 \leq x_{6max}, i = \overline{1,5}; 0 < x_7 \leq 1, \quad (9)$$

где $x_{6max} = T_{ad}/T_{max}$ – безразмерная адиабатическая температура, выявила следующее. Отбрасывались варианты с долгим числом итераций ($iterNewton =$

100), при этом имело место нарушение неравенств (9), число обусловленности матрицы Якоби варьировалось в пределах $\sim 340 < \text{COND}(J) < 365$, что свидетельствует о том, что итерационный процесс Ньютона вряд ли является плохо обусловленным [13].

Наконец, было установлено, что удачное начальное приближение kTg^* должно находиться между границами монотонного роста и монотонного убывания x_6 , при этом должно оказаться малое количество итераций. Был найден интервал $0,71 < kTg^* < 0,725$.

Расчет с $kTg = 0,72$ показал, что: $x_6^{(0)} = 0,652289$, $\text{iterNewton} = 1$, $x_6^{(1)} = 0,652162$, откуда

$$T_G^{final} = 1304,324 \text{ K} (\epsilon_{inv} = 10^{-4}). \quad (10_1)$$

Короткая контрольная серия расчетов с улучшенной точностью $\epsilon_{inv} = 10^{-5}$ привела к результату: $kTg = 0,7215$, $x_6^{(0)} = 0,653648$, $\text{iterNewton} = 1$, $x_6^{(1)} = 0,653674$, т. е. $T_G^{final} = 1307,295 \text{ K}$. (10_2)

Процентное отличие $|(10_1)/(10_2) - 1| \cdot 100 \% = 0,228 \%$ – очень хорошее, поэтому дальнейшее уточнение конечной температуры T_G^{final} не имеет смысла.

Следующая серия проводилась с учетом непостоянства α_w (по формулам, представленным в статье [3]) и аналогичным варьированием kTg ($\epsilon_{inv} = 10^{-4}$). Поведение x_6 при этом оказалось подобным в предыдущей серии, и для $kTg^* = 0,725$ было получено: $x_6^{(0)} = 0,656819$, $\text{iterNewton} = 1$, $x_6^{(1)} = 0,6566$, откуда $T_G^{final} = 1313,99 \text{ K}$. (10_3)

Отличие «конечных» температур (10_1) и (10_3) составляет всего $0,74 \%$, что свидетельствует о незначительном влиянии коэффициента конвективной теплоотдачи для (ИЗ).

5. Метод Бroyдена

Алгоритм Бroyдена решения системы нелинейных (алгебраических) уравнений [14] заключается в реализации следующей последовательности вычислительных операций.

Рассматривается система уравнений $\vec{f}(\vec{x}) = 0$, где $\vec{f}, \vec{x} \in R^N$; начальное приближение $\vec{x}^0 \in R^N$ и матрица $A^k \in R^{N \times N}$; верхний индекс k означает номер итерации. Последовательность операций следующая:

- задаются начальные значения $\vec{x}^0$ и A^0 (в качестве A^0 авторы [7] рекомендуют J^0 – матрицу Якоби начального приближения $\vec{x}^0$);

- для $k = 0, 1, 2 \dots$ выполняются операции:

- решается уравнение $A^k \vec{s}^k = -\vec{f}(\vec{x}^k)$ относительно $\vec{s}^k$;

- новое приближение $\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k + \vec{s}^k$ для корня;

$A^{k+1} = A^k + \vec{f}(\vec{x}^k)(\times) (\vec{s}^k)^T / (\vec{s}^k)^T \cdot \vec{s}^k$ – итерация матрицы A .

Здесь индекс T означает транспонирование; $(\vec{s}^k)^T \cdot \vec{s}^k = \|\vec{s}^k\|^2$ – скалярное, а $(\times)$ диадное произведение векторов.

Итерации продолжаются до тех пор, пока $\max_{1 \leq i \leq N} |x_i^{k+1} - x_i^k| > \epsilon_{inv}$ (заданному малому параметру) и счетчик числа итераций не превосходит заданного целочисленного значения ($\text{interBroyden} < \text{intermax} = 100$, как и ранее) во избежание закливания.

Расчеты по (ИЗ) методом Бroyдена

«Толстые» стены и низкая теплопроводность $\lambda_p = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ кВт/(м} \cdot \text{K)}$.

Расчет при значении $kTg = 1,0$ потребовал 7 итераций ($\text{interBroyden} = 7$), но при этом имело место слабое уменьшение T_g на каждой итерации. В конечном счете $T_G^{final} = 1803,22 \text{ K}$, что на $0,0186 \%$ меньше аналогичной величины, полу-

ченной методом Зейделя (см. таблицу в [5]).

Расчет с $kTg = 0,9$ выявил слабые колебания T_g на каждой итерации, конечное значение температуры (при $interBroyden = 7$) $T_g^{final} = 1804,302$ К, а для $kTg = 0,8$ было получено $interBroyden = 10$ и $T_g^{final} = 1805,455$ К.

Таким образом, имеет место некоторая чувствительность к начальному приближению, но быстрый счет.

Тонкое металлическое ограждение помещения $\lambda_{virt} = 3$ кВт/(м · К), $= 10^{-4}$.

Расчеты с начальными приближениями $kTg = 1,0$ и $0,9$ привели к быстрому останову работы программы из-за нарушения условия (9) в [6], т. е. $x_7 \leq 1$ (теплопотери в ограждающие стены оказались больше тепловыделения в помещении).

Серия расчетов с последовательным уменьшения значения температурного множителя kTg выявила быструю сходимость ($interBroyden = 5-10$), слабые колебания T_g на каждой итерации и для $kTg = 0,8; 0,7; 0,6; 0,5$ и $0,4$ соответствующие значения конечной температуры $T_g^{final} = 948,97$ К; $1382,52$ К; $1596,11$ К; $1708,95$ К и $1767,75$ К.

Таким образом, метод Бройдена в данном случае (тонкие металлические ограждения помещений) неприменим, объяснений такому сильному разбросу значений для различных начальных приближений kTg мы не находим.

Непрерывный аналог метода Ньютона

Проведение многочисленных расчетов (ИЗ) не представило собой обременительной проблемы, поскольку время «прогона» одного варианта (трансляция (компиляция) + процессорное время) составило ~ 1 с.

Возникает вопрос о более обоснованном выборе начального приближения, чем варьирование kTg . Однако, критерий сходимости метода Ньютона для операторных уравнений общего типа в банаховом пространстве представлен в учебнике [15] при заданном начальном приближении, но он очень сложен для реализации в нашем случае. Представляет интерес для наших целей непрерывный аналог метода Ньютона (НАМН) [16, 17],

$J(\vec{x}) \frac{d\vec{x}}{dt} = -\vec{f}(\vec{x}), \vec{x} \equiv \vec{x}(t), \vec{x}(0) = \vec{x}^0$ с последующей дискретизацией по схеме Эйлера. Подробности НАМН будут нами представлены в последующей публикации.

6. Расчеты по (ИЗ) НАМН

«Толстые» стены и низкая теплопроводность $\lambda_p = 0,7 \cdot 10^{-3}$ кВт/(м · К).

Серия расчетов с варьированием kTg позволила выявить узкую область сходимости: для $kTg = 0,99; 0,995$ и $0,998$ было получено $iterNewton = 1$, $T_g^{final} = 1793,56$ К, $iterNewton = 0$, $T_g^{final} = 1802,85$ К и $iterNewton = 0$, $T_g^{final} = 1808,35$ К соответственно.

Тонкие металлические ограждения помещения $\lambda_{virt} = 3$ кВт/(м · К).

Аналогично расчетам по классическому методу Ньютона варьированием kTg была найдена узкая область сходимости между границами монотонного роста и монотонного убывания x_6 , для $kTg = 0,72$ было получено: $iterNewton = 7$, $T_g^{final} = 1303,655$ К, что на $0,051$ % отличается от значения (10_1) при той же величине kTg .

Заключительные замечания

Вопрос о целесообразности применения НАМН в нашем случае требует отдельного исследования (особенно для КЗ).

Исходная система нелинейных (квазиалгебраических) уравнений (1) до-

вольно сложна, нелинейность порождает не единственность. Возникает вопрос, сколько имеется решений у системы (1) кроме найденного. Вопрос остается открытым, найденное удовлетворяет условиям (9), остальные, если существуют, то нет.

Вычисленное значение $T_G^{final} = 1303,65$ К является заниженным в силу отмеченного ранее неравенства T_g (ИЗ) $< T_g$ (КЗ) $< T_g$ (АЗ). Уточнение за счет учета конвективного охлаждения наружных поверхностей по формулам [3]

$$\lambda_p \frac{T_w - T_{out}}{d} = \alpha_{out}(T_{out}, T_0) \cdot (T_{out} - T_0)$$

расширяет пространство конфигураций за счет пяти температур внешних поверхностей ограждений помещения, т. е. система (1) превращается в нелинейную систему из 12 уравнений с 12 неизвестными.

Выводы

Представленный варианты расчетов позволяет сделать предварительный вывод, что вышеописанные методики (классический Ньютон и НАМН) нижней оценки температуры газовой смеси в помещении при пожаре в режиме, контролируемом вентиляцией, правомерны для складских объектов или гаражей. Полученное значение температуры следует использовать далее для расчета плотности радиационного потока от всех оконных проемов на область лицевой поверхности соседнего объекта, где, предположительно, возможно загорание. Если указанный поток превосходит допустимый q_* , то проектный противопожарный разрыв следует увеличить. В этом смысле решения ИЗ. Более точная оценка связана с решением конвективной задачи.

Список литературы

1. Барановский А.С., Леончук П.А., Зуев С.А., Шамонин В.Г. Оценка противопожарных расстояний между объектами различного назначения. I. Подходы к проблеме. Полевое моделирование // Пожарная безопасность. 2019. № 2. С. 95–99.
2. Барановский А.С., Леончук П.А., Зуев С.А., Шамонин В.Г. Оценка противопожарных расстояний между объектами различного назначения. II. Фасадный факел // Пожарная безопасность. 2019. № 3. С. 108–111.
3. Барановский А.С., Леончук П.А., Зуев С.А., Шамонин В.Г. Оценка противопожарных расстояний между объектами различного назначения. III. Пожар в помещении. Оценка температуры // Пожарная безопасность. 2019. № 3. С. 112–118.
4. Барановский А.С., Леончук П.А., Зуев С.А., Шамонин В.Г. Противопожарные расстояния между объектами различного назначения. Оценка радиационных потоков // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2019. № 2 (2). С. 42–47.
5. Барановский А.С., Леончук П.А., Зуев С.А., Шамонин В.Г. Противопожарные расстояния между объектами различного назначения. Пожар в помещении жилых и общественных зданий. Пример расчета // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2020. № 1 (3). С. 63–68.
6. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. 4-е изд., перераб. М.: ЭКОЛИТ, 2011. 288 с.
7. Майергоз М.Д., Хазанкина С.П. Уточнение решений системы нелинейных алгебраических уравнений обобщенным методом Стеффенсена // Алгоритмы и алгоритмические языки. Вып. 4. С. 48–51. М.: ВЦ АН СССР, 1969. 116 с.
8. Уилкинсон Дж.Х. и др. Сборник алгоритмов на языке АЛГОЛ. Линейная алгебра. М.: Машиностроение, 1976. 392 с.

9. Агеев М.И. и др. Алгоритмы (1–50). М.: ВЦ АН СССР, 1966. 108 с.
10. Агеев М.И. и др. Библиотека алгоритмов 516–1006. М.: Советское радио, 1976. 136 с.
11. Бахвалов Н.С. и др. Численные методы: учеб. пособие. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. 600 с.
12. Зайцев В.В. Численные методы для физиков. Нелинейные уравнения и оптимизация: учебное пособие. Самара: Самарский государственный университет, 2005. 86 с.
13. Петров И.Б. и др. Лекции по вычислительной математике. М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 523 с.
14. Деннис Дж., Шнабель Р. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений. М.: Мир, 1988. 440 с.
15. Треногин В.А. Функциональный анализ. М.: Наука. ГРФМЛ, 1980. 496 с.
16. Ермаков В.В. и др. Методы решения линейных и нелинейных алгебраических уравнений. Препринт № 169 ИПМ АН СССР. М., 1979. 24 с.
17. Ермаков В.В. и др. Оптимальный шаг и регуляризация метода Ньютона // ЖВМВФ. 1981. Т. 21, № 2. С. 491.

Материал поступил в редакцию 09.01.2020 г.

Барановский Алексей Сергеевич – начальник сектора. Тел. (495) 524-81-37. E-mail: K708@yandex.ru; **Леончук Петр Алексеевич** – начальник сектора. Тел. (495) 524-82-09. E-mail: pa.leonchuk@yandex.ru; **Зуев Станислав Анатольевич** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук. Тел. (495) 524-83-45. E-mail: K708@yandex.ru; **Шамонин Валерий Геннадьевич** – ведущий научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник. Тел. (495) 524-82-57. E-mail: K708@yandex.ru (Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)), г. Балашиха, Московская область, Россия.

A.S. Baranovsky, P.A. Leonchuk, S.A. Zuev, V.G. Shamonin

FIRE PROTECTION DISTANCES BETWEEN CONSTRUCTIONS OF DIFFERENT PURPOSE. A FIRE IN A WAREHOUSE-TYPE PREMISE. SERIES OF CALCULATIONS

There is performed the series of calculations to estimate the temperature in premise during a fire in ventilation-controlled mode, because the maximum temperature achieves in this case. There is considered the extreme case of heat exchange with the walls of the room – isothermal case. The case of fire in buildings such as warehouses and car parking is examined.

Keywords: radiative flow, ventilation-controlled fire, adiabatic temperature, heat exchange with walls

Alexey S. Baranovsky – Head of Sector. Phone: (495) 524-81-37; **Peter A. Leonchuk** – Head of Sector. Phone: (495) 524-82-09; **Stanislav A. Zuev** – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher. Phone: (495) 524-83-45; **Valery G. Shamonin** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, Senior Researcher. Phone: (495) 524-82-57.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

УДК 614.849

DOI 10.37657/vniipo.2020.4.2.004

И.Р. ХАСАНОВ, гл. науч. сотр., д-р техн. наук (ФГБУ ВНИИПО МЧС России);
Р.А. ИВАЩУК, гл. спец. по пожарной безопасности (ООО «Желдорпроект»);
А.В. ПЕХОТИКОВ, нач. отд., канд. техн. наук; В.В. ПАВЛОВ, нач. сектора (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБУЕМЫХ ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Предложен метод обоснования проектных решений мостовых сооружений в части обеспечения огнестойкости. Основой метода является использование регулярного теплового режима. Предлагаемый метод дает возможность проведения вычислений без использования высокопроизводительных компьютерных средств. Аргументируется необходимость в совершенствовании методов обоснования пределов огнестойкости. Дается краткая характеристика существующих методов и приводится пример расчета.

Ключевые слова: *огнестойкость, предел огнестойкости, огнезащита металлоконструкций, расчетные методы, мостовое сооружение, регулярный тепловой режим*

Введение

Расчетные методы обоснования проектных решений в области пожарной безопасности сохраняют в настоящее время свою актуальность и востребованность. Одним из приложений расчетных методов является обоснование требуемых пределов огнестойкости несущих конструкций мостовых сооружений. Применение расчетов объясняется усложнением транспортной инфраструктуры городов, когда появляются протяженные железнодорожные и автомобильные эстакады, проходящие вблизи и над производственными и общественными зданиями, дорогами, другими мостовыми сооружениями. Очевидно, что несущие конструкции таких мостовых сооружений могут подвергаться интенсивному воздействию пожаров. При этом требования нормативных документов не охватывают всего многообразия проектных решений, а подчас и не в состоянии успеть за современными тенденциями строительства.

На необходимость обоснования требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций мостовых сооружений указывает п. 5.84 СП 35.13330.2011 [1]. Но этот и другие нормативные документы не позволяют в общем случае выбрать необходимые параметры в части огнестойкости конструкций, т. е. имеет место отсутствие норм проектирования. В этой связи согласно ч. 6 ст. 15 ФЗ № 384-ФЗ [2] обоснование может проводиться расчетным путем.

Итак, рассмотрение расчетного определения требуемых пределов огнестойкости мостового сооружения на основе моделирования пожара является актуальной задачей.

Обоснование пределов огнестойкости мостовых сооружений

В общем случае мостовое сооружение является сооружением, на которое распространяются требования по обеспечению безопасности людей и материальных средств в случае пожара, требования по обеспечению безопасности подразделений пожарной охраны, требования по противопожарным расстояниям до соседних объектов, а также другие требования пожарной безопасности для

сооружений. Обеспечение требуемых пределов огнестойкости является частью этих требований.

В соответствии с ГОСТ Р 12.3.047–2012 [3] пожарная безопасность объекта обеспечивается на основе построения сценариев возникновения и развития пожаров. Наиболее опасными сценариями пожаров, оказывающими влияние на безопасность мостовых сооружений, являются сценарии пожаров в подмостовом пространстве. Такими пожарами могут быть пожары в зданиях, пожары автомобилей, подвижного состава и грузов, особенно ЛВЖ и ГЖ, на железных и автомобильных дорогах, проходящих под мостовыми сооружениями. Необходим обоснованный выбор пределов огнестойкости несущих конструкций мостового сооружения, при котором будет обеспечена безопасность без излишнего усложнения технологии и увеличения стоимости строительства.

По одному из применяющихся на практике способов требуемый предел огнестойкости несущих конструкций устанавливается исходя из возможного времени ликвидации пожара подразделениями пожарной охраны. По другому – путем моделирования пожара и оценки воздействия его на конструкции мостового сооружения. Второй способ является более универсальным и объективным, так как не зависит от плановых или случайных событий, которые оказывают влияние на время прибытия пожарной охраны к месту пожара.

Рассмотрим порядок определения требуемых пределов огнестойкости мостового сооружения на основе моделирования пожара. Сначала выбирается модельный очаг пожара, отражающий наиболее опасный сценарий. Затем проводится моделирование пожара, определяются температура и тепловое излучение в местах расположения строительных конструкций, а также прогрев конструкций при модельном пожаре, производится переход к стандартному пожару для представления результатов моделирования в форме, предусмотренной нормативными документами – в виде предельного состояния и времени его достижения.

Реализация этого алгоритма для конкретного объекта связана со значительными техническими трудностями. Эти трудности касаются, в первую очередь, не моделирования пожара, а расчета прогрева конструкций, особенно металлоконструкций с огнезащитными покрытиями. Для каждого очага пожара необходима серия расчетов для различной толщины огнезащитного покрытия, чтобы в итоге выбрать ту, которая будет соответствовать требованиям пожарной безопасности и практической реализуемости. Приведение пожара к стандартному также требует серии расчетов [4]. Учитывая, что в каждом случае толщина огнезащитного покрытия и металлоконструкции составляет несколько сантиметров, выполнение расчетов по полевым моделям [5] для твердого тела потребует расчетной сетки с большим количеством ячеек, что означает затраты времени и компьютерных ресурсов.

Существуют проработанные методы расчета теплопередачи в многослойном теле, которые могли бы использоваться для расчета прогрева конструкций, но они предназначены для случаев одностороннего распространения тепла [6]. При пожаре, как правило, происходит тепловое воздействие со всех сторон на конструкции ферм и балок мостовых сооружений.

Существуют также расчетные методы перехода от модельного пожара к стандартному, основанные на сериях экспериментов, но они предназначены для обоснования проектных решений несущих конструкций в помещениях [7].

Таким образом, практическую значимость будет иметь достаточно простой метод обоснования требуемых пределов огнестойкости несущих конструкций мостовых сооружений на основе моделирования пожара.

В работе [8] показано, что металлоконструкция с огнезащитой при определенных условиях может рассматриваться как двухсоставное тело, процессы теплообмена которого близки к регулярному режиму теплообмена [9]. В этом случае регулярный режим наступает по истечении некоторого времени с момента помещения тела в окружающую среду, когда разности температур между точками тела и окружающей средой и между различными точками тела начинают изменяться по одним и тем же закономерностям, т. е. поле температур тела в течение его регулярного охлаждения или нагревания остается во временном отношении подобным самому себе.

При таком режиме вводится величина m , которая характеризует скорость регулярного охлаждения или нагревания тела и имеет размерность с^{-1} . Для использования этой величины необходимо принять, что теплофизические параметры двухсоставного тела, а именно коэффициент теплопроводности, теплоемкость металла и огнезащитного покрытия, а также толщина покрытия, не меняются по мере нагревания или охлаждения. Это допущение оказывает влияние на погрешность результатов, но в рамках поставленной задачи оно может быть принято. Поскольку для наиболее опасного сценария пожара пролива с быстрым повышением температуры эти величины могут быть сразу приняты для верхней температурной границы. В других случаях может быть принята средняя величина, тем более что современные огнезащитные материалы имеют небольшие коэффициенты температурного изменения параметров, особенно штукатурки, обмазки и плитные материалы.

В дальнейшем будем рассматривать случаи, при которых на несущую конструкцию со всех сторон воздействуют повышенная температура среды и тепловое излучение пожара. Они представляются наиболее вероятными при интенсивных пожарах в подмостовом пространстве и при большой высоте пламени. Такое тепловое воздействие аналогично воздействию на конструкцию при проведении огневых испытаний.

Любая металлоконструкция с огнезащитой обладает определенной величиной m [8]. Определим сначала требуемое значение m , при котором в процессе модельного пожара конструкция сохраняет несущую способность. Для примера возьмем наиболее часто используемый критерий – температура конструкции не должна превысить 773 К, но на практике, конечно же, необходим статический расчет для определения критической температуры. Также требуется знать температурный режим в месте расположения конструкции и продолжительность пожара. Обратим внимание, что величина m , которую следует определить, является функцией только самого двухсоставного тела – металлоконструкции с огнезащитой. Возможность этого обоснована в работах [8, 9]. Такое свойство величины m позволяет достаточно просто и наглядно переходить от реального (модельного) пожара к стандартному. Действительно, физические характеристики конструкции одинаковы при любом пожаре.

После получения m для режима реального пожара появляется возможность найти длительность стандартного пожара, при котором конструкция с такой же m прогревается до 773 К. Это и будет требуемым пределом огнестойкости. Обратим внимание, что расчет m ведется по температуре металлоконструкции. В статье [8] показано, что конструкции с разной приведенной толщиной металла и с разной толщиной огнезащиты могут обладать одинаковым значением m . Это позволяет выбрать конструктивные параметры, получив требуемый предел огнестойкости.

Проиллюстрируем применение этого метода примером определения требуемых пределов огнестойкости мостового сооружения. Примем наиболее опасный сценарий пожара – пожар пролива ЛВЖ с малым временем стабилизации горения в подмостовом пространстве. Начальная температура конструкций 293 К. Металлоконструкции мостового сооружения будут находиться в зоне пламени с температурой 1100 К. Продолжительность пожара не более 1 ч. Температура в течение всего времени пожара одинакова. Необходимо обосновать требуемый предел огнестойкости.

Найдем m по формуле [8, 9]:

$$m = \frac{\ln(T_{\text{внеш}_1} - T_{\text{мет}_0}) - \ln(T_{\text{внеш}_1} - T_{\text{мет}_1})}{\Delta t}, \quad (1)$$

где $T_{\text{внеш}_1}$ – температура внешней среды на интервале, К; $T_{\text{мет}_0}$ – температура металлического ядра в начале интервала, К; $T_{\text{мет}_1}$ – температура металлического ядра в конце интервала, К; Δt – длительность интервала, с.

При принятых значениях

$$m = \frac{\ln(1100 - 293) - \ln(1100 - 773)}{60 \cdot 60} = 0,000251. \quad (2)$$

Для быстрого перехода от модельного пожара к стандартному требуется рассчитать значения m для различных продолжительностей стандартного пожара (см. таблицу). Метод построения таблицы приведен в статье [8].

Величина m конструкции с огнезащитой в зависимости от продолжительности стандартного пожара

Продолжительность стандартного пожара, мин	Величина m конструкции с огнезащитой
15	0,00556
30	0,00078
45	0,00045
60	0,00031
90	0,000182

Из сопоставления полученного по формуле (2) значения с таблицей видно, что требуемый предел огнестойкости составляет более 60 мин, но не превышает 90 мин – значение 0,000251 лежит между 0,00031 и 0,000182. В этом случае принимаем, что требуемый предел огнестойкости несущих конструкций составляет 90 мин.

Несущие конструкции мостовых сооружений выполняются на основании требований ГОСТ Р 55374–2012 [10], например, из стали марки 10ХСНД класса прочности С390. Элементы конструкции ферм могут быть индивидуального изготовления. В отличие от изделий стандартного сортамента определение приведенной толщины таких элементов производится вручную исходя из их размеров или с помощью калькуляторов приведенной толщины с ручным вводом размеров. Например, приведенная толщина элемента двутаврового типа с размером полки (мм) 25 × 750 и размером стенки 20 × 750 составит 11,513 мм. Собственный предел огнестойкости такого элемента составляет не более 10 мин [11].

Выбор огнезащитного покрытия для элементов, аналогичных указанному, отличается в общем случае от выбора огнезащиты для большинства зданий и сооружений. Не все производители приводят в технологических регламентах

сведения о толщине огнезащитного покрытия для такой большой приведенной толщины. Большинство огневых испытаний проводится на стандартных образцах из конструкционной стали С255. Важным моментом является появление в конструкциях мостовых сооружений прогибов при нагружении (например, при прохождении поездов), что может повлечь отслоение огнезащитного покрытия. Поэтому при разработке проекта огнезащиты может появиться необходимость в проведении огневых испытаний и ряда других.

Приведенный пример наглядно показывает, что предложенный метод с достаточно высокой степенью точности позволяет прогнозировать требуемые пределы огнестойкости металлоконструкций.

Таким образом, предложенный метод рекомендуется в качестве основы при определении требуемых пределов огнестойкости несущих конструкций мостовых сооружений.

Список литературы

1. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84.
2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 30 дек. 2009 г. № 384-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 23 дек. 2009 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 25 дек. 2009 г. (в ред. Федер. закона от 2 июля 2013 г. № 185-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. ГОСТ Р 12.3.047–2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
4. Молчадский И.С. Приведение температурного режима реальных пожаров к стандартному // Огнестойкость строительных конструкций: сб. тр. М.: ВНИИПО, 1984. 21 с.
5. Рыжов А.М., Хасанов И.Р., Карпов А.В., Волков А.В., Лицкевич В.В., Дектерев А.А. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях: метод. рекомендации. М.: ВНИИПО, 2002. 35 с.
6. Горшков В.И. Применение интегрального теплового баланса в задачах нестационарного теплообмена. М.: ВНИИПО, 2012. 141 с.
7. Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения: рекомендации. М.: ВНИИПО, 1988. 56 с.
8. Хасанов И.Р., Иващук Р.А. Применение методов регулярного теплового режима для оценки толщины огнезащитного покрытия, обеспечивающей заданный предел огнестойкости металлоконструкции // Пожарная безопасность. 2019. № 1. С. 35–44.
9. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим. М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1954. 408 с.
10. ГОСТ Р 55374–2012. Прокат из стали конструкционной легированной для мостостроения. Общие технические условия.
11. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1988. 143 с.

Материал поступил в редакцию 04.03.2020 г.

Хасанов Ирек Равильевич – главный научный сотрудник, доктор технических наук. Тел. (495) 521-89-38. E-mail: irhas@rambler.ru (Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Иващук Роман Анатольевич – главный специалист по пожарной безопасности. Тел. (915) 290-46-67. E-mail: newtrad@yandex.ru (ООО «Желдорпроект»), Москва, Россия.

Пехотиков Андрей Владимирович – начальник отдела, кандидат технических наук; **Павлов Владимир Валерьевич** – начальник сектора (Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)), г. Балашиха, Московская область, Россия.

I.R. Khasanov, R.A. Ivashchuk, A.V. Pekhotikov, V.V. Pavlov

JUSTIFICATION OF THE REQUIRED FIRE RESISTANCE LIMITS FOR BEARING STRUCTURES OF BRIDGEWORKS

The method for substantiating the design solutions of bridge works in terms of fire resistance is proposed. The use of regular thermal mode is the basis of the method. The proposed method makes it possible to perform calculations without using high-performance computer tools. The necessity to improve methods for justifying fire resistance limits is substantiated. A brief description of existing methods and the example of calculation are given.

Keywords: fire resistance, fire resistance limit, fire protection of metal structures, calculation methods, bridge work, regular thermal mode

Irek R. Khasanov – Doctor of Technical Sciences, Main Researcher. Phone (495) 521-89-38. E-mail: irhas@rambler.ru.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

Roman A. Ivashchuk – Fire Safety Engineer. Phone: (915) 290-46-67. E-mail: newtrad@yandex.ru. LLC «Zeldorproekt», Moscow, Russia.

Andrey V. Pekhotikov – Chief of Department; **Vladimir V. Pavlov** – Head of Sector.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

УДК 614.84|1941-1945|

БОРЬБА С ПОЖАРАМИ В БЛОКАДНОМ ЛЕНИНГРАДЕ¹

С началом войны пожарная охрана Ленинграда была военизирована и сведена в отряды, в состав которых вошли городские пожарные части и объектовые пожарные команды. В августе 1941 г. были организованы районные управления пожарной охраны (РУПО), объединившие все пожарные подразделения внутри районов. Пожарную охрану возглавил штаб пожарной службы местной противовоздушной обороны (МПВО) города в составе: начальник службы – полковник М.К. Сериков, начальник штаба – интендант 2-го ранга Б.И. Кончаев, комиссар – Г.П. Петров, заместители начальника штаба – лейтенанты госбезопасности В.И. Румянцев и Г.Г. Тарвид, начальник тыла – лейтенант госбезопасности М.Н. Демьяненко и начальник связи – лейтенант госбезопасности В.Я. Новиков. Штаб осуществлял руководство всеми участками оперативной деятельности – профилактики, пожаротушения, техники, связи, материального обеспечения.

В августе 1941 г. была перерезана последняя железная дорога, которая связывала Ленинград с центром страны. Город был окружен. Первый раз ленинградцы услышали сигнал воздушной тревоги в ночь на 23 июня. Однако гитлеровцы понимали, что не просто уничтожить такой большой город: ставка делалась не на снаряды и фугасные бомбы. Они рассчитывали на пожары. На каждую сброшенную фугасную бомбу приходилось более тридцати «зажигалок», которые сбрасывали кассетами, сериями. При том, что они весили всего килограмм, пробивной силы этой бомбы хватало, чтобы прошить крышу, покрытую кровельным железом. Уже на чердаке срабатывал взрыватель – «желатин» вместе с плавящейся оболочкой расплескивался кругом, прилипал к стропилам, зажигал их. Вражеская авиация нацеливалась именно на деревянные стропила домов, сооруженных задолго до эпохи железобетона, хотя основная застройка

¹При подготовке статьи была использована информация из следующих источников:

- https://ru.wikipedia.org/wiki/Бомбардировки_Ленинграда.
- Голубев С.Г., Зильберштейн Ф.Б., Савельев П.С. Пожарное дело в СССР. М.: Изд-во лит. по стр-ву, 1968. С. 144–150.
- Тихонов Н. Бойцы огненного фронта. Л.: Госполитиздат, 1943. 33 с.
- Блокада Ленинграда. Пожарная охрана МПВО в годы блокады [Электронный ресурс] <https://fire-truck.ru/istoriya-encyclopedia/blokada-leningrada-pozharnaya-ohrana-mpvo-v-godyi-blokadyi.html> (дата обращения: 06.03.2020 г.).
- Что Гитлер хотел сделать с Ленинградом [Электронный ресурс] <https://zen.yandex.ru/media/russianhistory/chto-gitler-hotel-sdelat-s-leningradom-5cf39ebbb2f43e00afced2b3> (дата обращения: 05.03.2020 г.).
- Очевидец блокады Ленинграда рассказывает [Электронный ресурс] <https://nstarikov.ru/ochevidec-blokady-leningrada-rasskaz-75031> (дата обращения: 06.03.2020 г.).
- Луговой А.А., Виноградов В.Н. История пожарного дела в СССР. СПб., 2018.
- В годы войны Ленинград мог превратиться в большой факел [Электронный ресурс] <https://www.spb.kp.ru/daily/26437.4/3307661/> (дата обращения: 06.03.2020 г.).
- Ленинград, 24 декабря 1943: Ленинградцы вместе с пожарными борются с огнем [Электронный ресурс] <https://tass.ru/spb-news/853691> (дата обращения: 10.03.2020 г.).
- С огнетушителями и свистками: отряды добровольцев в блокадном Ленинграде [Электронный ресурс] <https://mir24.tv/news/15626062/s-ognetushitelyami-i-svistkami-otryady-dobrovolcev-v-blokadnom-leningrade> (дата обращения: 04.03.2020 г.).
- Блокадный Ленинград: город в огне... город не горит... [Электронный ресурс] <https://school-science.ru/4/13/879> (дата обращения: 03.03.2020 г.).

Ленинграда была каменной. Во время массированных налетов пожарные не могли поспеть всюду, воды не хватало (зимой водопровод замерз).

Противопожарная служба МПВО Управления пожарной охраны готовила город к противопожарной обороне: чердаки и дворы жилых домов, территории промышленных предприятий были очищены от горючих материалов, снесены сараи, кладовые, заборы – все, что хорошо горело, было демонтировано. Завезено большое количество песка, заготовлены емкости для воды.

Поскольку в Ленинграде было много деревянных и легковоспламеняющихся зданий, перед сотрудниками Государственного института прикладной химии – ГИПХ (сейчас Российский научный центр «Прикладная химия») поставили задачу разработать средства огнезащиты. Вещества, препятствующие горению (антипирены), были известны, но для защиты целого города требовалось организовать крупное производство, что в условиях войны было крайне сложно. Взяв суперфосфат на Невском химкомбинате, ученые придумали, как нанести его на городские здания: смесь суперфосфата (три части) с водой (одна часть). Ее называли обмазкой. Был снят учебный фильм, демонстрировавшийся во всех ленинградских кинотеатрах, который объяснял, как готовить обмазку и пользоваться маховой кистью. С Невского химзавода суперфосфат на баржах доставляли во все районы города. Ленинградцы нанесли огнезащитный состав на 90 % всех чердачных перекрытий и деревянных строений.

Также осуществлялось обучение населения и противопожарных формирований способам обезвреживания зажигательных бомб и тушения пожаров. На предприятиях, в учреждениях, школах, больницах проводились практические занятия.

«Население охотно учится технике предупреждения пожаров. В городе всюду вы встретите надписи, говорящие о том, как надо зорко смотреть за тем, чтобы не возникали так называемые «бытовые пожары». Население само научилось тушению малых пожаров, возникающих от неисправных печей, керосинок, от неосторожного обращения с огнем. Пожарные отремонтировали тысячи дымоходов в городе, очистили от сажи, став трубочистами, сотни тысяч дымоходов. Заглушили множество вентиляционных труб, чтобы пресечь возможность их использования для незаконно поставленных «временок». Пожарные отогрели пожарные колодцы, устранили неисправности, из телефонных колодцев откачали воду, убрали лед. Вырыли новые водоемы. Разбирали дома на топливо, помогая населению. В трудное время зимы сорок первого года снабжали водой пекарни, бани, паровозы. Отремонтировали причалы на реках и каналах. Выучили население тушить «зажигалки». Хорошо выучили. Население само потушило девять десятых всех упавших на город зажигательных бомб» – пишет Н. Тихонов в книге «Бойцы огненного фронта».

В августе 1941 г. из студентов, старшеклассников и рабочей молодежи был сформирован комсомольский полк противопожарной обороны Ленинграда. В его состав входило 16 рот и 3 отдельных взвода общей численностью около 1600 человек. Задачами полка являлись подготовка объектов к противопожарной обороне, систематическое проведение профилактической работы, ликвидация пожаров и их последствий. К началу массовых воздушных бомбардировок было сформировано 35 команд МПВО численностью более 2000 человек.

При домоуправлениях создавали специальные группы самозащиты, в которые должны были входить мужчины в возрасте от 16 до 60 лет и женщины от 18 до 50 лет – по одной группе на каждые 250–500 человек. Их обязанности: предупреждение населения об авианалетах, помощь со спуском в бомбоубежище,

соблюдение светомаскировки и тушение зажигательных бомб. Так как мужчин в городе не осталось, в основном группы самозащиты состояли из подростков и женщин. С.Р. Сухоруков вспоминает: «Самолеты часто сбрасывали зажигательные бомбы. Взрослые и старшие ребята дежурили на крышах домов и баграми сбрасывали на землю «зажигалки», а внизу старики, девушки и, конечно, вездесущие пацаны засыпали их песком. Я тоже бегал с детским ведерком, хотя нас взрослые и прогоняли».

Вот что пишет М.М. Карпинский: «... меня и еще двух человек из нашей лаборатории забрали в районную противопожарную школу на кратковременные курсы. Мы тушили искусственные пожары, зажигательные бомбы, изучали огнестойкие покрытия и т. п. Через неделю нас выпустили инструкторами противопожарной обороны, выдали мандаты-удостоверения, пропуска по тревоге и закрепили в качестве ответственных за ПВО в определенных домах Дзержинского района».

Мне достались дома на ул. Моховой. Вместе с управхозами я ходил по чердакам и подвалам, составлял акты-предписания, выписывал суперфосфат для покрытия деревянных конструкций чердаков, необходимый инструмент (клещи для захвата зажигательных бомб, топоры, багры и т. п.), песок и одеяла».

Из дневника начальника Генштаба сухопутных войск Германии Ф. Гальдера, 8 июля 1941 г.: «Непоколебимо решение фюрера сровнять Москву и Ленинград с землей, чтобы полностью избавиться от населения этих городов, которое, в противном случае, мы потом будем вынуждены кормить в течение зимы. Задачу уничтожения этих городов должна выполнить авиация. Для этого не следует использовать танки. Это будет «народное бедствие», которое лишит центров не только большевизм, но и москвитов (русских) вообще».

Фельдмаршал Фридрих Паулюс писал в своих воспоминаниях о намерениях и целях немецкого командования в начале военных действий против СССР 1941 года: «взятию Москвы должно было предшествовать взятие Ленинграда. Взятием Ленинграда преследовалось несколько военных целей: ликвидация основных баз русского Балтийского флота, вывод из строя военной промышленности этого города и ликвидация Ленинграда как пункта сосредоточения для контрнаступления против немецких войск, наступающих на Москву».

Всего с 1941 по 1943 год немецкая авиация совершила 272 воздушных налета (из них 193 ночью) на Ленинград. Было сброшено 69 613 зажигательных и 4686 фугасных бомб. Воздушная тревога объявлялась в городе 642 раза и длилась в общей сложности 702 часа.

В условиях военного времени быстрая ликвидация пожаров, возникающих от зажигательных снарядов противника, являлась очень важной задачей, так как пламя (особенно в ночное время) являлось ориентиром для дальнобойных орудий врага.

8 сентября 1941 г. Ленинград подвергся массовой бомбардировке с воздуха: 23 немецких бомбардировщика сбросили на город больше 6000 зажигательных бомб. Возникло много загораний и пожаров, на ликвидацию самых крупных пожаров были отправлены пожарные части. Дым от огромного пожара на Бадаевских складах видели все ленинградцы. Тушить огонь фактически некому – из 38 человек местной пожарной команды с огнем борются меньше половины: одних отправили рыть окопы, другие просто не смогли пройти к складам – у людей не было пропуска для передвижения по городу во время воздушной тревоги. Кроме того, тушить приходилось под возобновляющимися обстрелами противника. Распространение огня на соседние строения удалось предотвра-

тить, но продовольственные склады не спасли.

Многочисленные пожары, возникающие каждые сутки, стали большим испытанием для личного состава пожарной охраны Ленинграда. Продолжавшиеся четыре месяца воздушные налеты временно прекратились в декабре 1941 г. К этому времени город пострадал от 287 воздушных налетов и вызванных сброшенными фугасными и зажигательными бомбами около 15 тыс. пожаров и загораний, 86 % из которых были потушены населением и местными формированиями противопожарной службы. В течение 1941 года 550 человек личного состава пожарных подразделений города погибли при исполнении служебного долга.

В 1942 году резко возросло количество бытовых пожаров и загораний, вызванных тем, что люди, пытаясь согреть и осветить помещения, применяли печи-временки и примитивные средства. Голод, к этому времени уже охвативший город, сказался на активности населения, у людей попросту не было сил тушить пожары. В пожарных частях число бойцов с дистрофией со смертельными исходами резко возросло: умерли 600 пожарных. Пожарные подразделения города потеряли в боях много автомобилей, запасы горючего также истощились, нередко пожары приходилось тушить песком и снегом, а в водопроводе отсутствовала вода. Сильные морозы привели к тому, что водоемы, реки и каналы замерзли. Для борьбы с огнем пожарные могли использовать только снег, разбор конструкций и изменять тягу холодного воздуха.

В пожарную охрану города мобилизовали женщин, которые составили к концу года 28 % от общей численности личного состава.

С весны 1942 года крупные пожары, вызванные многочисленными артобстрелами противника, вновь охватили город. 29 марта 1942 г. в результате обстрела один из снарядов противника попал в состав с боеприпасами и вызвал взрыв, уничтоживший 400 зданий в радиусе двух километров и вызвавший последующие взрывы 80 вагонов с боеприпасами и огромный пожар. Героическими усилиями пожарных удалось откатить 50 вагонов с боеприпасами, ликвидация пожара продлилась 20 часов.

7 мая 1942 г. более 200 снарядов разорвалось на прядильно-ткацкой фабрике «Равенство», главное пятиэтажное здание было охвачено огнем. Пожарным под непрерывающимся артобстрелом и среди взрывающихся снарядов удалось не допустить распространения огня.

Указом Президиума Верховного Совета СССР городская пожарная охрана НКВД г. Ленинграда «за образцовую подготовку противопожарной обороны города Ленинграда, за доблесть и мужество, проявленные личным составом пожарной охраны при ликвидации пожаров» 10 июля 1942 г. награждена орденом Ленина.

9 ноября 1942 г. в пятиэтажном доме по ул. Боровой возник пожар вследствие взрыва трех фугасных бомб. Когда пожарные пробирались к источнику возгорания через груды обломков здания, рухнувшая наружная стена похоронила под собой 17 человек.

Пожарные участвовали не только в ликвидации пожаров: с помощью автонасосов они организовали подачу воды на хлебозаводы, в детские учреждения, осуществляли разборку деревянных зданий, строили Дорогу жизни через Ладожское озеро, обезвреживали мины.

Начиная с осени 1942 года по 1943 год по Ленинграду было выпущено 67 тысяч снарядов, которые порождали пожары. В 1943 году снарядом была поражена нефтебаза «Красный нефтяник». Возникший вследствие этого пожар – один из самых сложных – пришлось тушить под непрерывающимся огнем противни-

ка, используя воду, землю, пену. Наступление огня удалось остановить. Более 300 пожарных Ленинграда за тушение этого, а также других крупных пожаров награждены орденами и медалями.

В условиях блокады сотрудники госпожнадзора регулярно обследовали промышленные предприятия и жилые дома, вследствие чего количество загораний на производстве и в быту снизилось, а пожары по этим причинам сократились до минимума.

Практически все ленинградцы к концу блокады научились грамотно и оперативно тушить небольшие пожары: после артобстрелов для тушения «зажигалок» на крыши жилых домов выбегали и подростки, и пожилые женщины.

В течение весны и лета 1943 года пожарные и население занесли на чердаки и верхние этажи домов 800 тыс. ведер песка для тушения зажигательных бомб; привели в порядок пожарный инвентарь домохозяйств, соорудили более 1,5 тыс. трапов и лазов на крышах и чердаках зданий. Несмотря на резкое усиление обстрелов города и применение немцами термитных снарядов, убытки от пожаров по городу уменьшились в несколько десятков раз, так как принятые пожарной охраной меры и накопленный населением опыт позволили в 1943 году значительно сократить число пожаров по сравнению с 1942 годом.

27 января 1944 г. артиллерийский салют возвестил об окончании блокады Ленинграда.

Освобождение Ленинграда от блокады стало праздником для всей страны. Победить удалось благодаря ежедневному подвигу бойцов армии и флота, жителей Ленинграда, всех тех людей, кто доставлял в город продовольствие, сырье, оружие и писал через газеты письма ленинградцам, чтобы поддержать их.

Материал подготовили:

В.Н. БРЕШИНА, ст. науч. сотр.;
Н.В. САЙГИНА, науч. сотр;
Е.Е. АРХИПОВА, ст. науч. сотр.;
Г.Н. ДРОБЫШЕВА, ст. науч. сотр.
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

УДК 025:[1941-1945]

БОЙЦЫ КУЛЬТУРНОГО ФРОНТА

Кюбилею Великой Отечественной Войны мы снова и снова вспоминаем и подвиге солдат и простых людей, которые ценою собственной жизни и жизнями своих детей одержали Победу!

Чтобы обеспечить выполнение планов военного времени, требовалась массовая подготовка новых кадров, а также переподготовка и повышение квалификации кадровых рабочих. Все это определило роль технических библиотек того времени.

Главным для них стало обеспечение научно-технической литературой предприятия и организация промышленности, помощь в решении важной задачи – снабжение Красной армии вооружением, снаряжением, обученными резервами и провизией.

Стояла задача в быстром освоении массового производства боевой техники, проводились мероприятия по оповещению читателей сводками с фронта.

Библиотеки по всей стране развернули работу с литературой по военному делу.

Зимой 1941 года рабочих в библиотеках насчитывалось до 1000 сотрудников. А в июле 41 года в пять раз меньше... Люди уходили на фронт, на оборонные предприятия, в колхоз, эвакуировались с детьми. Оставшиеся в тылу библиотекари работали на производстве, кололи дрова, топили печи, помогали семьям ушедших на фронт, обеспечивали книгами население.

Перед оставшимися работниками библиотек стояла непростая задача – сохранение книжного фонда страны. Многие библиотеки оказывались под завалами, гибли от огня и воды. За период войны было уничтожено 43 тысячи библиотек по всей стране.

Библиотекари составляли списки книг, с которых начиналось производство оружия, боеприпасов, освоение новых методов строительства, освоение новых продуктов питания.

Кто же были библиотекари военной поры? Их называли «Бойцами культурного фронта». Эти бойцы на передовой создавали дивизионные библиотеки, между обстрелами устраивали громкие читки, поддерживая боевой дух солдат, развлекали раненых, читая им веселые рассказы. Пробирались на линию фронта с мешками за спиной, неся бойцам заказанные ими книги, но не всегда находили их живыми, да и сами не всегда возвращались, погибая смертью храбрых...

В военные годы библиотеки Москвы и Московской области продолжали работать в условиях жуткого холода, отсутствия света или во время бомбежек.

Московское метро оказалось лучшим в мире гигантским бомбоубежищем. Туда были эвакуированы сотни библиотек. На станциях выдавались книги, сотрудники проводили выставки, информировали читателей о военных действиях, боевых подвигах бойцов и их командиров, рассказывали о трудовом героизме трудящихся в тылу.

Война причинила огромный ущерб библиотекам. Часть фондов была уничтожена в результате военных действий, часть погибла при эвакуации или вывезена оккупантами.

Крайне важно сохранить память о подвиге наших предков. Хранителями памяти поколений выступают книги о Великой Отечественной войне.

В пожарищах смятенных дней,
Когда окоп – твоя могила,
Лишь перед смертью и видней
Кто без чего прожить не в силах.
И в Задыхающийся час
Атаки и обороны
Мне книга – пища и очаг,
Она оружие и патроны.
О книги! Подняты они
Из мертвых танков, из окопов,
Из-под расплющенной брони
Непогребенных самолетов.
Они зывали стать смелей –
Они к восстанию зывали,
И их сжигали, как людей
В печах Майданека сжигали.
Могила братские – толпа
Погибших книг и пепла горстка
О, книг солдатская судьба –
Судьба терпенья и упорства.

Б. Дубровин

Материал подготовила:

К.В. ГЛУШКОВСКАЯ, вед. инженер
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

УДК 614.84:356.15

УЧАСТИЕ ПОЖАРНЫХ В ПАРТИЗАНСКОМ ДВИЖЕНИИ

После начала Великой Отечественной войны в СССР стало формироваться партизанское движение, которое сыграло огромную роль в борьбе с нацистской Германией и ее союзниками. Главная цель партизанского движения – уничтожение живой силы фашистов, коммуникаций и вооружений на оккупированной ими территории.

Партизанское движение организовывалось и развивалось под руководством ЦК ВКП(б) и при непосредственном участии местных партийных организаций, действовавших в тылу врага. 29 июня 1941 г. СНК СССР и ЦК ВКП(б) направили партийным и советским организациям прифронтовых областей Директиву о мобилизации всех сил и средств на разгром фашистских захватчиков, в которой содержались требования: «В занятых врагом районах создавать партизанские отряды и диверсионные группы для борьбы с частями вражеской армии, для разжигания партизанской войны всюду и везде, для взрыва мостов, дорог, порчи телефонной и телеграфной связи, поджога складов и т. д. В захваченных районах создавать невыносимые условия для врага и всех его пособников, преследовать и уничтожать их на каждом шагу, срывать все их мероприятия...»¹.

18 июля 1941 г. ЦК ВКП(б) принял специальное постановление «Об организации борьбы в тылу германских войск», которое дополняло и конкретизировало Директиву от 29 июня. В этом документе давались указания о подготовке партийного подполья, организации, комплектовании и вооружении партизанских отрядов, определялись основные задачи партизанского движения².

Общее руководство вооруженной борьбой партизанских сил осуществляла Ставка Верховного Главнокомандования, которая определяла основные задачи партизан на каждом этапе войны и организовывала стратегическое взаимодействие партизан с Советской Армией. Непосредственное руководство боевой деятельностью партизан осуществлял Центральный штаб партизанского движения.

Партизанские отряды или группы организовывались как на оккупированной, так и на неоккупированной территории. Их формирование на неоккупированной территории сочеталось с обучением личного состава в специальных партизанских школах. Эти отряды оставлялись в намеченных районах перед захватом их противником или перебрасывались в тыл врага. В ряде случаев отряды создавались из военнослужащих³.

В тылу врага за время войны действовало свыше 1 млн партизан и многотысячная армия подпольщиков. Их активно поддерживали десятки миллионов советских патриотов. В партизанских отрядах воевали рабочие, крестьяне и интеллигенция, люди разных возрастов, мужчины и женщины, представители разных национальностей. Советские партизаны и подпольщики уничтожили, ранили и захватили в плен около 1 млн фашистов и их пособников, вывели из строя более 4 тыс. танков и бронемашин, разрушили и повредили 1600 желез-

¹Решения партии и правительства по хозяйственным вопросам. В 5 т. Т. 3. М., 1968. 750 с.

²1941-й год. Книга вторая. После начала Великой Отечественной войны [Док. № № 607–655] [Электронный ресурс]. URL: <https://alexanderyakovlev.org/fond/issues-doc/1012105> (дата обращения: 01.03.2020).

³Партизанское движение в Великой Отечественной войне 1941–45 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/087/173.htm> (дата обращения: 01.03.2020).

нодорожных мостов, подготовили и осуществили свыше 20 тыс. крушений вражеских эшелонов⁴.

Пожарные также участвовали в партизанском движении. Так, летом 1942 г. немецким захватчикам удалось продвинуться к Сталинграду и на Северный Кавказ. Начались тяжелые бои, в них участвовали партизанские соединения, в которых было много пожарных из Краснодарского и Ставропольского краев⁵. В период оккупации Кубани в партизанские отряды ушла большая группа пожарных. В Новороссийске было организовано 5 партизанских отрядов – «Гроза», «Норд-Ост», «За Родину», «Новый», «Ястребок». Отряд «Новый» во главе с Л.Д. Бойчуком, комиссаром городского штаба МПВО, состоял из 70 бойцов, из них 60 – работники МПВО. Отряд «Ястребок» возглавил Б.Т. Власенко, начальник штаба МПВО Новороссийска. В 1942 г. девушки-пожарные и руководители Анапской ГПК ушли в партизанский отряд, который возглавил оперуполномоченный НКВД М.М. Щукин. Девушки-партизанки добывали разведданные, выполняли боевые задания, проводили антифашистскую агитацию. В районе г. Хадзыженска и пос. Нефтегорского Апшеронского района действовал партизанский куст. В него входило 6 отрядов, каждый отряд состоял из 80–90 человек. Только в двух из них – отрядах им. Н.А. Щорса и им. С.М. Кирова, было 90 работников пожарной охраны. Известны боевые подвиги этих отрядов, о спецоперациях отряда им. С.М. Кирова сообщали сводки Совинформбюро. Пожарные Григорьев, Касумян, Макоедов стали командирами взводов или, как их называли, командирами оперативных групп. Ковшаров и Березуцкий прославились как отважные разведчики. Из бывших начальников караулов, ствольщиков, шоферов получились отличные командиры отделений, пулеметчики, снайперы и связные. Бойцы из числа пожарных участвовали в разных партизанских операциях: в боевых действиях в тылу врага, разведке, диверсионных действиях на автотрассах и железнодорожных линиях, сопровождении разведгрупп частей Красной Армии по тылам противника, а также в срыве планов восстановления нефтепромыслов и добычи Кубанской нефти фашистами. Борьба с оккупантами велась постоянно. К примеру, только в течение сентября 1942 г. зафиксировано более 100 случаев столкновения партизан с противником. Партизанская война на Кубани знает немало примеров успешных действий, но успехи могли быть более серьезными, если бы партизаны были лучше вооружены и располагали надежными разведданными. На вооружении многих партизанских отрядов находились только винтовки и гранаты. Автоматов, пулеметов и минометов имелось очень мало, в основном они были добыты в боях с оккупантами. Потери партизан и подпольщиков в боях с фашистами были немалыми. В поселке Нефтегорском находится братская могила партизан Кубани, где на мраморной доске обелиска указаны и имена пожарных: Н.К. Григорьев, Д.И. Лобанов, Я.М. Сушко, М.Ф. Уханев. Они сражались в отряде имени Щорса⁶.

Анапские пожарные, воевавшие в партизанском отряде под командованием В. Булавенко, в тяжелейших условиях вели войну с фашистами, ведь линия

⁴Партизанское движение в Великой Отечественной войне. 1941 [Электронный ресурс]. URL: https://bse.slovaronline.com/27721-partizanskoe_dvizhenie_v_velikoy_otechestvennoyvoynе_1941 (дата обращения: 01.03.2020).

⁵Пожарная охрана в годы Великой Отечественной войны [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/pozharnaya-okhrana-v-gody-velikoj-otechestvennoj-voyny/> (дата обращения: 03.03.2020).

⁶По материалам книги «Огонь войны побеждающие...» / С.А. Воронина, М.Н. Ратиани, Н.Н. Дудковская, Е.А. Скульская, Н.С. Таскина. Краснодар: Совет. Кубань, 2010. 256 с. [Электронный ресурс]. URL: [file:///C:/Users/HP/Desktop/Партизаны / Партизаны-%20пожарные%20в%20годы%20ВОВ.pdf](file:///C:/Users/HP/Desktop/Партизаны%20Пожарные%20в%20годы%20ВОВ.pdf) (дата обращения: 03.03.2020).

фронта в 1942–1943 гг. проходила по территории Анапского гарнизона. А это значит, что партизаны действовали даже не в тылу врага, а на передовой. Героически сражаясь, погибли в неравном бою начальник пожарной команды Дмитрий Кочетов и замполит Павел Панов, Елена Горюнова, Александр Радченко. Зверски была замучена фашистами Антонина Скопинцева. В память о погибших в годы Великой Отечественной войны пожарных, воевавших на фронтах и в партизанских отрядах, 24 июня 2013 г. в ФГКУ «11 отряд ФПС по Краснодарскому краю» состоялось построение личного состава отряда. К Памятному знаку пожарным, погибшим в годы Великой Отечественной войны, и Памятной доске партизанам-пожарным были возложены цветочные корзины. Память всех погибших почтили минутой молчания⁷.

Активное участие в партизанском движении приняли пожарные Белоруссии. Так, личный состав пожарной команды Бобруйска после того, как немцы окружили город с трех сторон, влился в истребительный отряд и в конце июля 1941 г. провел свою первую боевую операцию, напав на колонну вражеских автомашин. В сентябре 1941 г. на базе этой группы был организован партизанский отряд. Младший командир пожарной охраны П. Андросов возглавил в нем группу разведчиков, в которую вошли в основном бойцы пожарной охраны. За три года партизанской войны они взорвали 10 железнодорожных мостов, около 50 автомашин, пустили под откос 6 железнодорожных составов с живой силой и техникой противника, участвовали во многих боях и операциях. Активное участие в партизанском движении принимали бойцы и командиры пожарной охраны Слонима, Могилева, Осиповичей, Гомеля, Гродно, Бреста, Пинска, Мозыря и других городов⁸.

Полностью влилась в партизанский отряд пожарная команда г. Слонима, пожарные Витебска и Орши сражались в партизанской бригаде К. Заслонова (Заслонов Константин Сергеевич – один из выдающихся руководителей партизанского движения в Белоруссии во время Великой Отечественной войны)⁹.

На Брянщине с октября 1941 г. по сентябрь 1943 г. действовал на оккупированной врагом территории партизанский отряд из г. Бежицы (с 1936 по 1943 г. назывался Орджоникидзеград, в настоящее время Бежицкий район). Партизанский отряд в Бежице создавался из истребительных батальонов. В соответствии со специальной директивой два истребительных батальона были реорганизованы в один партизанский батальон. Командиром был утвержден А.И. Виноградов, командир истребительного батальона, бывший начальник машиностроительного цеха. Комиссаром отряда назначили П.А. Рыжкова, начальником штаба – В.К. Смирнова.

Отряд, выросший впоследствии в бригаду им. Чапаева, был сформирован из работников пожарной охраны завода «Красный Профинтерн» и работников городской милиции. Он уничтожил более 2000 гитлеровцев, разгромил 32 гарнизона, подорвал 115 автомашин, три железнодорожных и 16 шоссейных мостов, сбил два самолета¹⁰. Во главе отряда назначили стойких, подготовленных к борьбе с врагом работников, настоящих патриотов. К их числу следует отнести

⁷Сотрудники пожарной охраны почтили память погибших в БОВ пожарных [Электронный ресурс]. URL: <http://www.anapa.info/news/12966/> (дата обращения: 01.03.2020).

⁸Белорусские пожарные в годы Великой Отечественной войны [Электронный ресурс]. URL: <http://www.0-1.ru/?id=50022> (дата обращения: 01.03.2020).

⁹С праздником Великой победы! [Электронный ресурс]. URL: <https://fort-i-ko.livejournal.com/220666.html> (дата обращения: 01.03.2020).

¹⁰Пожарные в годы Великой Отечественной войны [Электронный ресурс]. URL: <https://28.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4094796> (дата обращения: 04.03.2020).

и бывшего физрука ордженикидзевской пожарной части, а в военные годы помощника командира отряда и командира роты партизанского отряда Л.П. Журавлева. На боевом счету бывшего пожарного уничтоженный в бою с карателями 5 ноября 1941 г. пулеметный расчет врага, а также взорванный в феврале 1942 года железнодорожный мост через реку Сенча. А спустя четыре месяца, во время прорыва гитлеровской блокады брянских лесов группа бойцов под командованием Леонида Журавлева ринулась на врага. Смельчаки захватили у карателей две пушки, уничтожив их расчеты. Но и свои потери были невосполнимы. Именно летом сорок второго года погибли бывшие пожарные: Г.И. Якушев, Л.И. Лосев, М.Г. Третьяков и Л.П. Журавлев.

За доблесть и мужество, проявленные в борьбе с немецко-фашистскими захватчиками, Л.П. Журавлев был удостоен ордена Отечественной войны, а также, в соответствии с приказом Центрального штаба партизанского движения, награжден медалью «Партизану Отечественной войны» I степени¹¹.

В Подмосковье для борьбы в тылу врага также были организованы диверсионно-партизанские группы и отряды, и в их состав входили московские пожарные¹².

Таким образом, партизанское движение, развернувшееся на оккупированных территориях Советского Союза в годы Великой Отечественной войны, внесло весомый вклад в победу над фашистской Германией, и пожарные, которые не только тушили пожары, воевали с оружием в руках на фронте, но и боролись с врагом в составе партизанских отрядов или в рядах антифашистского подполья, вписали славную страницу в историю пожарной охраны.

Материал подготовили:

Н.В. БОРОДИНА, ст. науч. сотр.;
Е.Е. АРХИПОВА, ст. науч. сотр.;
М.Г. ЗАВИДСКАЯ, нач. сектора;
Н.В. САЙГИНА, науч. сотр.
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

¹¹История пожарной охраны Брянщины: он поднял товарищей в атаку [Электронный ресурс]. URL: <https://32.mchs.gov.ru/deyatelnost/poleznaya-informaciya/dopolnitelnye-stranicy/god-kultury-bezopasnosti/novosti-i-rezultaty-raboty/227205> (дата обращения: 04.03.2020).

¹²С праздником Великой победы! [Электронный ресурс]. URL: <https://fort-i-ko.livejournal.com/220666.html> (дата обращения: 04.03.2020).

УДК 614.84:35.082.7/1941-1945/

ЖЕНЩИНЫ-ПОЖАРНЫЕ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

С первых дней Великой Отечественной войны женщины, как и весь советский народ, вступили в борьбу с фашистскими захватчиками. Они заменили ушедших на фронт мужчин на производстве, в сельском хозяйстве и в связи с ухудшением военной обстановки пошли в действующую армию. Женщины-летчицы успешно воевали на самолетах разных типов, женщины-снайперы уничтожили тысячи врагов. Многие женщины в течение четырех долгих военных лет служили в составе зенитно-артиллерийских, зенитно-пулеметных, зенитно-прожекторных частей¹.

26 марта 1942 г. Народным комиссаром обороны СССР И.В. Сталиным был подписан приказ № 0058 о призыве в войска противовоздушной обороны (ПВО) девушек-комсомолок. Во исполнение постановления Государственного Комитета Обороны за № ГОКО 1488сс от 25 марта 1942 г. в войска ПВО к 10 апреля 1942 г. ЦК ВЛКСМ были мобилизованы 100 000 девушек-комсомолок для замены красноармейцев следующих специальностей: прибористов, телефонистов, дальномерщиков, радистов, разведчиков-наблюдателей за воздухом, связистов, пулеметчиков, обслуживающего расчета аэростатов, наблюдателей в частях службы ВНОС, санитаров и санинструкторов, писарей, поваров, частично шоферов и кладовщиков².

С начала Великой Отечественной войны ГУПО НКВД СССР проводил большую организационную работу в пожарной охране страны. Весь личный состав был переведен на казарменное положение. Работники пожарной охраны отрабатывали с городским населением приемы тушения зажигательных бомб, правила организации противопожарной защиты жилого сектора. В связи со сложной военной обстановкой возникла необходимость создания противопожарных звеньев в жилых массивах, на предприятиях, в учреждениях. Только в Москве в первые дни войны по решению Моссовета были организованы противопожарные формирования общей численностью свыше 200 000 человек. Они боролись с пожарами и загораниями, вели профилактическую работу, готовили запасы воды, песка, шанцевого инструмента на своих участках. 2 июля 1941 г. постановлением СНК СССР в стране введена всеобщая обязательная подготовка к противовоздушной и противохимической обороне. На предприятиях, в учреждениях, жилых домах создавались формирования местной противовоздушной обороны (МПВО). Стройная система противопожарных постов и звеньев, дружин, команд свела на нет расчет противника на массовые пожары. Органы управления пожарной охраны, отряды и пожарные команды НКВД входили в систему противопожарной службы МПВО, но оперативно подчинялись ГУПО страны, а при ликвидации возникающих от ударов с воздуха пожаров действовали самостоятельно. Большой вклад в дело укрепления пожарной охраны в этот период внесла молодежь. 11 марта 1942 г. ЦК ВЛКСМ принял решение направить в пожарную охрану свыше 6000 комсомолок³.

¹Иванова Ю.Н. Храбрейшие из прекрасных. Женщины России в войнах. М.: Рос. полит. энцикл., 2002. 272 с.

²Русский архив: Великая Отечественная: Приказы народного комиссара обороны СССР 22 июня 1941 г. – 1942 г. Т. 13. М.: ТЕРРА, 1997. 448 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://militera.lib.ru/docs/da/nko/index.html> (дата обращения: 03.02.2020).

³С праздником Великой победы [Электронный ресурс]. URL: <https://fort-i-ko.livejournal.com/220666.html> (дата обращения: 05.02.2020).

Многие из женщин добровольно поступили на службу в пожарные части в качестве пожарных-бойцов, шоферов, мотористов. Женщины в составе пожарных команд успешно тушили зажигательные бомбы во время воздушных налетов врага, благодаря этому было предотвращено немало пожаров, спасены жизни многих людей, обеспечена бесперебойная работа предприятий. За годы войны в советскую пожарную охрану пришли девушки-комсомолки, выполнявшие обязанности инспекторов профилактики, телефонистов, связистов, дозорных и постовых. В Москве, Казани и других городах были сформированы женские пожарные команды, успешно тушившие пожары. Многие из женщин-бойцов награждены правительственными наградами⁴.

Бесстрашие и стойкость показали женщины при защите Москвы. Тысячи девушек добровольно пришли в зенитные и аэростатные части Московской зоны ПВО. Многие десятки тысяч женщин защищали Москву в противопожарных, противохимических и медико-санитарных командах⁵. ЦК ВЛКСМ было принято решение о создании в ряде городов комсомольско-молодежных полков противопожарной обороны. 15 июля 1941 г. такой полк был сформирован в Москве. 23 июля «Комсомольская правда» сообщила о создании аналогичных формирований в гг. Ленинграде, Харькове, Калинин, Горьком⁶. На службу в Комсомольско-молодежный полк противопожарной обороны Москвы (численностью 5000 человек) были призваны учащиеся старших классов средних школ, студенты, молодые рабочие (в том числе девушки). Полк охранял от огня районы столицы и объекты, не имевшие подразделений пожарной охраны. На его счету было более тысячи потушенных пожаров и загораний⁷.

О бесстрашии женщин-пожарных свидетельствует следующий пример. 3 октября 1941 г. массированной атаке с воздуха подвергся г. Подольск. С многочисленными загораниями начали упорно бороться бойцы и командиры воензированной пожарной команды. И хотя существовала реальная угроза для жизни пожарных, никто из них не поддавался панике. В их числе были работницы воензированной пожарной команды завода имени Орджоникидзе Пылаева и Самсонова, которые, не отступив перед разыгравшимся огнем и буквально сбивая с себя пламя водой, сумели отстоять два склада с древесиной⁸.

Приказом начальника Управления НКВД СССР по Ленинградской области от 18 августа 1941 г. № 28 был сформирован Комсомольский полк противопожарной обороны Ленинграда. В его состав вошли 15 рот. Служили в нем юноши и девушки – рабочая молодежь, студенты, служащие и даже школьники. Полк насчитывал 1600 человек, в том числе 50 кадровых командиров пожарных команд, выделенных Управлением пожарной охраны. Личный состав полка находился на казарменном положении и подчинялся УПО НКВД Ленинграда. Основными задачами Комсомольского полка являлись подготовка промышленных объектов, учреждений и жилых зданий к противопожарной обороне, борьба с пожарами,

⁴Пожарная охрана в годы Великой Отечественной войны [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/pozharnaya-okhrana-v-gody-velikoj-otechestvennoj-vojny/> (дата обращения: 05.02.2020).

⁵Пронин В.П. В труде или в бою [Электронный ресурс]. URL: <http://militera.lib.ru/memo/russian/moscow2/25.html> (дата обращения: 07.02.2020).

⁶С праздником Великой победы [Электронный ресурс]. URL: <https://fort-i-ko.livejournal.com/220666.html> (дата обращения: 05.02.2020).

⁷Огненные дни Москвы (1941–1945 гг.) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rubin01.ru/info/articles/protivopozharnyy-shchit-moskvy/ognennyye-dni-moskvy-1941-1945-gg/> (дата обращения: 11.02.2020).

⁸Тарасов А. К 70-Летию Великой Победы // Петровка, 38: электрон. газ. 2014. № 40 (9445). 28 окт. URL: <http://petrovka-38.com> (дата обращения: 11.02.2020).

ликвидация последствий вражеских налетов и обстрелов. Комсомольцы проверяли жилые дома относительно проведения противопожарных мер, обрабатывали огнезащитной обмазкой (суперфосфатом) деревянные конструкции чердаков жилых домов и объектов, оборудовали чердаки домов необходимым запасом песка и воды для тушения «зажигалок». Кроме того, юные бойцы организовали и провели обучение 250 пожарных звеньев самозащиты и 130 противопожарных звеньев в домохозяйствах⁹.

Среди 9716 человек личного состава Ленинградского гарнизона пожарной охраны было 2560 женщин. Ленинградский писатель Н. Тихонов в 1943 году так описывал их деятельность: «Женщины-пожарные дисциплинированы, храбры, упорны и организованны. Иные из них заняли руководящие должности. Более двухсот женщин работают заместителями начальников команд, начальниками караулов и инспекторами-профилактиками. Некоторые впервые в истории пожарного дела стали начальниками пожарных команд. Женщины-бойцы работают наравне с мужчинами. Мастерами своего дела стали такие бойцы, как Репникова, Капустина, Подберезкина, Романова и другие»¹⁰.

Женщины, пришедшие во время войны в пожарные команды, за короткое время стали профессиональными пожарными (рис. 1).

Семнадцатилетняя ленинградка В. Скрында поступила на службу в пожарную охрану вместо своего отца, командира отделения пожарной части, погибшего в 1942 году. Связная В. Скрында училась в боевой обстановке, передавала команды начальника части, устанавливала наиболее опасные очаги горения и своевременно сообщала командиру. Под артобстрелами она успевала добираться до телефона и передать информацию в штаб. После войны подполковник внутренней службы В.И. Скрында долгие годы преподавала в Ленинградском пожарно-техническом училище¹¹.

Активно участвовали женщины-пожарные в защите от пожаров городов и сел Краснодарского края. Пожарная команда г. Краснодара на 50 % состояла из женщин, а команды гг. Геленджика, Анапы, Туапсе и Ленинградского, Староминского, Щербиновского районов на все 100 %. Боевую одежду женщинам-пожарным не выдавали: носили рубашку армейского образца, подшлемник, который защищал волосы от огня. Женщинам приходилось тушить, спасать, оказывать медицинскую помощь, работать ломом, рыть траншеи. В перерывах между выездами изучали военное дело¹³.



Рис. 1. Учения женской пожарной команды на набережной канала Грибоедова¹²

⁹Комлев В.П. Блокада. Я в полку пожарном... Л.: Лениздат, 1983. 143 с.

¹⁰Тихонов Н. Бойцы огненного фронта. Л.: Госполитиздат, 1943. С. 12.

¹¹Героический труд женщин-пожарных в блокадном Ленинграде [Электронный ресурс]. URL: <http://womenforsafety.org/27-01-2015.html> (дата обращения: 05.02.2020).

¹²Там же.

¹³У войны не женское лицо. Женщины – пожарные в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 годов [Электронный ресурс]. URL: <http://вдпо.рф/files/У%20войны%20не%20женское%20лицо.Женщины-бойцы.pdf> (дата обращения: 11.02.2020).

В Щербиновском районе, когда значительная часть мужчин была призвана в действующую армию, в пожарной части их заменили женщины, которые неплохо справлялись со своими обязанностями, несмотря на то, что пожары в то время были частым явлением.

Одним из водителей пожарной охраны г. Анапы работала Таисия Калмыкова. Она вспоминала, что для тушения загорания использовали ручной насос, ведра. И хотя пожар и женщины-бойцы – понятия несовместимые, девушки не унывали и работали на совесть. В 1942 году враг усиленно бомбил Анапу. Горели здания, дома, в воздухе свистели осколки. Не имея достаточной физической силы, техники, плача от собственного бессилия, девчата тушили горящие перекрытия, откапывали тела погибших людей. Долго вспоминала тот страшный обстрел Рая Письменная. Увлечшись разбором завала, она не сразу услышала нарастающий свист. Упав недалеко от канавы, распласталась на земле, закрыв голову руками. Одно только слово слышала она: «Ноги!», и мозг сработал. Молниеносно, подобрав в комок тело, она кубарем скатилась в канаву, а через несколько секунд на том месте, где она лежала, образовалась воронка. Когда приход фашистов в город стал очевиден, многие девушки, которые служили в пожарной охране, в том числе Письменная, Каприца, Скопинцева, ушли в партизанский отряд. Вместе с ними ушли и руководители анапской пожарной команды. Возглавил партизанский отряд оперуполномоченный НКВД М.М. Щукин. В партизанском отряде девушки стали разведчицами, выполняли боевые задания, добывали ценные сведения для Красной Армии, приносили в город газеты. Но не всем было суждено вернуться в освобожденную Анапу: была схвачена и замучена в гестапо Тоня Скопинцева, при выполнении боевого задания погибли начальник пожарной части Кочетов, замполит Панов.

В октябре 1943 г. приказом ОПО УНКВД в Анапе была вновь организована пожарная команда. 1 декабря 1943 г. в пожарную команду принята 18-летняя В.Е. Резникова. Девушка была из династии пожарных, благодаря чему знала об этой работе не понаслышке. Как вспоминала В.Е. Резникова, женщины в пожарной команде опять работали водителями, начальниками караулов, пожарными. В свободное от дежурств время трудились в колхозе и в своем подсобном хозяйстве. При тушении пожаров им приходилось рассчитывать только на свои силы. На вооружении была одна старая машина ГАЗ, которая постоянно ломалась, а запчастей не было. Для тушения пожаров применяли ведро-костыль, воду доставали из колодцев.

В станице Ленинградской в пожарной команде тоже служили женщины (рис. 2). Работали они через день по пять человек, по очереди дежурили на вышке каждые 2 часа. Очень часто происходили пожары в жилом секторе. Горели дома от печного отопления. Особенно тяжело было работать зимой. Не хватало продуктов питания, кормов для лошадей. Помещение, где находились лошади и бочки, не отапливалось, и поэтому вода в бочках замерзала¹⁴.

В период Великой Отечественной войны рядовой состав пожарных команд Карелии был в основном женским. Молоденькие девушки семнадцати-восемнадцати лет, бойцы пожарных команд, работали вместо ушедших на фронт мужчин. Как вспоминала К.И. Гадова, которая в 1942 году поступила служить в Беломорскую пожарную команду рядовым бойцом, «в команде работали де-

¹⁴Там же.



**Рис. 2. Пожарная команда
станции Ленинградской
Краснодарского края в годы войны¹⁵**

Все девушки жили в одной казарме рядом со зданием пожарной команды. В любую минуту нас могли поднять по тревоге во время налета или если происходил крупный серьезный пожар. Мы жили и работали постоянно на грани человеческих возможностей, на грани нервного срыва, на грани физического истощения. И сегодня я с трудом понимаю, как мы все это выдержали тогда. Но все-таки выдержали, выстояли, выжили»¹⁶.

Таким образом, в годы Великой Отечественной войны советский народ совершил много героических, самоотверженных поступков. Но особое место среди них принадлежит подвигу советских женщин, и в их числе женщин-пожарных. Их великий вклад в общую победу над врагом будет вечным примером, вызывающим гордость и восхищение нынешних и грядущих поколений.

Материал подготовили:

Н.В. БОРОДИНА, ст. науч. сотр.;
В.Н. БРЕШИНА, ст. науч. сотр.;
И.В. КАТАРГИНА, зам. нач. НИЦ;
М.Г. ЗАВИДСКАЯ, нач. сектора
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

¹⁵Там же.

¹⁶Девушки – пожарные военных лет [Электронный ресурс]. URL: <https://petrozavodsk.bezformata.com/listnews/devushki-pozharnie-voennih-let/18294920/> (дата обращения: 05.02.2020).

УДК 179.6:355.484

НАШИ ДЕДЫ ПРИБЛИЖАЛИ ПОБЕДУ

2020 – год 75-летия Победы нашего народа в Великой Отечественной войне над бесчеловечным фашизмом. Эта победа стала возможна благодаря мужеству и героизму, в том числе наших дедов и прадедов, которые защищали нашу землю от гитлеровских захватчиков. Помнить о каждом из них – это не только вопрос истории, но и дело нашей совести. Сегодня действующие сотрудники Оренбургского филиала ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Безбородов Владимир Игоревич, Волков Алексей Викторович, Попов Сергей Вениаминович, Баклыков Владимир Николаевич, Иванов Алексей Алексеевич, Карпов Вячеслав Николаевич) с гордостью рассказывают о своих близких родственниках, воевавших в годы Великой Отечественной войны и ковавших великую Победу.

Носов Дмитрий Осипович (1901 – без вести пропал в 1942), прадед Безбородова Владимира Игоревича. Ушел на фронт в первую мобилизацию, в июле-августе 1941 года. О его дальнейшей судьбе было известно лишь то, что он пропал без вести в январе 1942 года.

Из архивных источников известно, что трехмесячное обучение основам лыжной и боевой подготовки Дмитрий Осипович получил в Казани в 20-й стрелковой бригаде 45-й стрелковой дивизии. Затем был направлен в 1284-й полк для комплектования 2-й стрелковой дивизии. Вторая дивизия принимала участие в самых ожесточенных боях под Москвой в октябре-декабре 1941 года. В этих боях дивизия потеряла пропавшими без вести и убитыми весь свой личный состав.

Прабабушка Носова Мария Васильевна продолжала ждать мужа и не верила, что он погиб. После войны односельчанин Марии Васильевны, вернувшись из соседнего Абдулинского района, рассказал о встрече с человеком, который утверждал о знакомстве с Дмитрием Осиповичем. Все случилось в пересыльном лагере. Со слов сослуживца Носов Дмитрий Осипович спас жизнь ему и многим другим красноармейцам. Будучи раненым в ногу, он с трудом передвигался, но смог организовать побег из плена. Сам Дмитрий Осипович остался в лагере, так как понимал, что станет обузой для сослуживцев.

Внуки и правнуки Носова Дмитрия Осиповича достойные продолжатели рода – пожарные: Носов Дмитрий Сергеевич (полковник в отставке), Безбородов Владимир Игоревич (подполковник внутренней службы), Носов Михаил Сергеевич (курсант Академии ГПС МЧС России).

Белов Алексей Прокофьевич (1924–1997), дед Волкова Алексея Викторовича. Ушел на фронт в семнадцать лет добровольцем из села Тимашево Сакмарского района Оренбургской области. Окончив курсы подготовки командиров орудий, принял командование артиллерийской установкой. Свой путь на войне начал на Белорусском фронте в 1942 году. Первую награду – медаль «За отвагу» получил в 1944 году, приняв участие в освобождении Ленинграда. В боях под Ленинградом был контужен осколками разорвавшегося снаряда и потерял три пальца на левой руке. По состоянию здоровья Алексей Прокофьевич был направлен в госпиталь, откуда демобилизован и отправлен в резерв. Награжден орденом Отечественной войны I степени.

После окончания войны получил высшее юридическое образование. Трудовой путь Алексея Прокофьевича связан с юриспруденцией, долгие годы он возглавлял Оренбургскую адвокатскую палату.

Попов Виктор Константинович (1913–1979), дед Попова Сергея Вениаминовича. Призван на фронт в июле 1941 года. Службу в годы Великой Отечественной войны начал в должности старшины батареи 799-го Артиллерийского полка 268-й Стрелковой дивизии Ленинградского фронта. Вот что о его подвиге опубликовала газета Органа Державинского РК ВКП(б) и райсовета депутатов трудящихся «Советская деревня» № 104 от 14 декабря 1941 года: «...Бесстрашный воин. Дорогие Земляки! Примите от нас, бойцов, командиров, комиссаров и политработников Ленинградского фронта, пламенный боевой привет! Ваш земляк Виктор Константинович Попов из колхоза им. Калинина Могутовского сельсовета служит в нашей батарее связистом. Подлинное героичество показал он в одном из боев. В то время, когда над расположением наших войск рвались вражеские снаряды, тов. Попов обеспечил бесперебойную работу связи, в темную ночь он восстанавливал порванные линии. Возвратясь на командный пункт, передавал четкие команды для ведения огня. Командованием батареи ваш земляк Виктор Попов представлен к правительственной награде. Честь и слава таким воинам! Спасибо вам, дорогие державинцы, за воспитание бесстрашных воинов. Комиссар Я. Болюбаш. Действующая армия...».

10 ноября 1941 года в одном из боев при обороне Ленинграда получил осколочное ранение. До февраля 1942 г. проходил лечение в госпитале № 2009 г. Ленинграда. С февраля 1942 г. по январь 1943 г. курсант курсов младших политруков Ленинградского фронта, затем до июня 1943 г. служил заместителем командира роты по политической части 947-го Стрелкового полка 268-й Стрелковой дивизии 67-й Армии. Осколочное ранение не позволило больше участвовать в боевых действиях, но и вне действующей армии Виктор Константинович приносил пользу Отечеству. С июня 1943 года по январь 1945 года слушатель 30-го учебного Артиллерийского полка офицерского состава Южно-Уральского военного округа, 2-го учебного танкового полка офицерского состава и Отдельного учебного танкового полка офицерского состава. По окончании курсов – командир СУ-152 в звании младшего лейтенанта. Вышел в запас в марте 1946 года с должности дежурного офицера в лагере НКВД № 158 для военнопленных в г. Череповце Вологодской области.

Попов Виктор Константинович награжден медалями «За отвагу» (награда нашла героя спустя два с лишним десятилетия в 1968 году), «За оборону Ленинграда», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

Баклыков Василий Федорович (1903–1996), дед Баклыкова Владимира Николаевича. Уроженец с. Кирсановка Тоцкого района Оренбургской области. Ушел на фронт в первую мобилизацию в июле 1941 года. Василий Федорович воевал в пехоте, простым солдатом, прошел славный боевой путь с первого до последнего дня Великой Отечественной войны. Закончил войну в мае 1945 года в Будапеште. За период войны Василий Федорович был четырежды ранен, в том числе один раз тяжело в голову в рукопашном бою с немецким офицером. После лечения в госпиталях продолжил свой боевой путь. За боевые подвиги в период войны награжден двумя медалями «За отвагу», орденом Красной Звезды, медалью «За взятие Будапешта». Со слов Василия Федоровича, выжить в этой страшной войне, на передовой, в пехоте, а также восстановиться после ранений ему позволило крепкое здоровье и отсутствие вредных привычек.

Из села Кирсановка на фронт ушли воевать восемь родных и двоюродных братьев Василия Федоровича с фамилией Баклыков, из которых шестеро не вернулись с фронта. Их имена высечены на памятнике, установленном в центре села.

По окончании войны Василий Федорович возвратился в родное село, где его ждала жена и пятеро детей. Трудился до 75 лет в родном колхозе. Работал кузнецом, бригадиром, учетчиком. За трудовые подвиги был награжден орденом Трудового Красного знамени, медалью «За трудовую доблесть». Василий Федорович был активным участником в подготовке населения с. Кирсановка к испытанию атомной бомбы на Тоцком полигоне в 1954 году, а также ликвидации последствий испытаний. Эпицентр взрыва атомной бомбы расположен в 12 км от села Кирсановка. Умер Василий Федорович в 1996 году, похоронен с воинскими почестями на сельском кладбище.

Романцов Александр Леонтьевич (1923–2005), дед Иванова Алексея Алексеевича. Родился в селе Воскресеновка Октябрьского района Оренбургской области. Окончил семилетнюю школу села с отличием. В апреле 1942 года был призван на действительную службу. Воевал с сентября 1942 года по апрель 1943 года на Сталинградском фронте, награжден медалью «За оборону Сталинграда», с апреля по август 1943 года – на Центральном фронте, с августа по декабрь 1943 года – на Белорусском фронте, с декабря 1943 года – на 1-м Украинском фронте. Награжден орденом Красной Звезды (16 мая 1944 года), орденом Славы III степени, участвовал в героическом штурме и освобождении Праги, награжден медалью «За освобождение Праги».

Из наградного листа: «19 апреля 1945 года в районе Зинген товарищ Романцов, находясь на ПНП с двумя разведчиками, в течение двух часов отражал попытки противника захватить выдвинувшуюся группу в плен. 21 апреля, находясь в подвижной группе разведчиков, заметил замаскированный танк и трех немцев около него. Меткой очередью из автомата Романцов убил двоих немцев, одного тяжело ранил. Танк был захвачен в целости. 25 апреля 1945 года в районе города Люббен противник вел сильный огонь из подвальных этажей домов. Товарищ Романцов фаустпатронами уничтожил три пулеметные точки. В этом бою он пленил шесть немцев. 29 апреля 1945 года в районе города Тойпиц Романцов, уточняя передний край противника, неожиданно был обстрелян минометным огнем. Вступив в бой с противником, применяя личное оружие, вынудил группу противников отойти. Преследуя ее, он уничтожил до шестнадцати немцев, а командира этой группы инженера-полковника захватил в плен. За мужество и отвагу, проявленные в борьбе с немецкими захватчиками, товарищ Романцов удостоен правительственной награды – ордена Отечественной войны 1 степени. Командир артиллерийского полка Корыткин». Участвовал в героическом штурме и освобождении Берлина, награжден медалью «За взятие Берлина», за образцовое выполнение боевых заданий награжден медалью «За отвагу».

В 1947 году Романцов Александр Леонтьевич вернулся в село Нижний Гумбет Октябрьского района Оренбургской области в колхоз имени Попова, работал заведующим МТФ, заместителем председателя колхоза. В 1964 году семья переехала в Оренбург, воспитал четверых детей.

Карпов Виталий Петрович (1924–1999), дед Карпова Вячеслава Николаевича. Родился в селе Городище Чкаловской области. 25 сентября 1942 года поступил на службу в 594-й батальон 192-й ЗАП 3 зап ДС-8 5 д-н. С 1943 года служил на Тихоокеанском военно-морском флоте. Виталий Петрович на кораблях сопровождал караваны, направляемые союзниками в Советский Союз. Дважды был ранен. Первый раз оказались перебиты правая нога и правая рука, второе ранение получил в бедро. Каждый раз после ранений его спасали из ледяной океанской воды моряки других кораблей, так как его корабли были по-

топлены противником.

После окончания Великой Отечественной войны старшину второй статьи Виталия Петровича назначили командиром десантного корабля ДС-521/8 5-го ДДС на Дальний Восток в действующие войска для борьбы с японским милитаризмом. Во время выполнения боевого задания по высадке десанта на японский остров Сюмусю-то Виталий Петрович показал себя достойным бойцом и отважным командиром. Приказом подразделения № 712 от 23 октября 1945 удостоен Ордена Отечественной войны II степени. Также награжден медалями: «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» и «За победу над Японией».

В 50-х годах прошлого столетия Виталий Петрович участвовал в испытаниях специализированных зенитно-ракетных комплексов С-25.

Спустя 75 лет после победы в Великой Отечественной войне мы понимаем, что реальных участников тех событий почти не осталось в живых. И нам, потомкам, как никогда, необходимо сохранить память об участниках той смертоносной войны. Рассказывая о своих дедах и прадедах, мы на века сохраняем память о Великой Победе и о тех, кто ее ковал.

Материал подготовили:

В.И. ЩЕНЯЕВ, ст. науч. сотр.;

С.В. ПОПОВ, вед. науч. сотр., канд. техн. наук

(Оренбургский филиал ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

Актуальные вопросы пожарной безопасности

Сетевой научный журнал

Корректурa, верстка *Е.Е. Архипова*
Ответственный за выпуск *И.В. Катаргина*

<http://avpbvniipo.ru/>