

ВОПРОС ЭФФЕКТИВНОСТИ «ПЕННОЙ АТАКИ» ПРИ ТУШЕНИИ МЕЖБОРТНЫХ ПРОСТРАНСТВ И ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

А.С. Лыткин, кандидат технических наук.

ФГКУ «Специальное управление ФПС № 18 МЧС России».

А.Е. Савенкова, кандидат технических наук;

Е.Н. Бардулин, кандидат экономических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена актуальная проблема обеспечения безопасности при выполнении огневых работ в межбортных пространствах ремонтируемых и утилизируемых подводных лодок, а также помещениях корабельных энергетических установок. Проведён анализ применения традиционного объёмного способа тушения таких пожаров. Предложен способ тушения пожаров тонкораспыленной водой, в том числе с применением пленкообразующих огнетушащих веществ.

Ключевые слова: судоремонт, подводная лодка, пожарная безопасность, тушение пожаров, цистерна главного балласта, обеспечение безопасности функционирования энергетической установки

THE QUESTION OF EFFICIENCY «FOAM ATTACK» WHEN FIGHTING LIBORTY SPACES AND ELEMENTS OF SHIP POWER INSTALLATIONS OF SUBMARINES

A.S. Lytkin. FGKU «Special management federal fire service No. 18 of EMERCOM of Russia».

A.E. Savenkova; E.N. Bardulin.

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

The article considers the actual problem of ensuring security when performing hot work in liborty spaces repaired and decommissioned submarines, and facilities for ship power plants. Analysis of the use of traditional volumetric method of extinguishing such fires. The proposed method of extinguishing fires with water mist, including the use of film-forming agents.

Keywords: ship repair, submarine, fire safety, fire fighting, tank main ballast, ensure the safety operation of the power plant

В последние годы в Российской Федерации наметилась тенденция увеличения возникновения аварий в техногенной сфере и стихийных бедствий, которые привели к росту количества и масштабов чрезвычайных ситуаций (ЧС) и создали угрозу жизни и здоровью людей [1]. Форсированный вывод из эксплуатации, ремонт и утилизация многочисленных субмарин, с одной стороны, повышают уровень безопасности, в том числе радиационной, в регионах их дислоцирования и портах приписки, с другой стороны, ставят вопросы обеспечения должного уровня обеспечения пожарной безопасности при проведении таких работ. Технологические операции по восстановлению технической готовности, ремонту и утилизации субмарин в сухих доках и эллингах организаций судостроительной промышленности непрерывно связаны с проведением работ с применением открытого огня, способных вызвать воспламенение обращающихся на корпусе и в объемах судна горючих веществ и материалов. Отмечается, что полностью демонтировать горючие вещества и материалы с корпуса судна и замасленных помещений с энергетической установкой

корабля не представляется возможным [2]. Внутренние помещения субмарин в частности уравнильных цистерн, и цистерны главного балласта представляют собой замкнутые и труднодоступные помещения [3]. При проведении ремонтных работ работниками промышленности выполняется значительный объём огневых работ. Их количество может достигать до 300 огневых точек в наиболее интенсивную рабочую смену. В указанный период должны соблюдаться основные принципы обеспечения безопасности и, прежде всего, они связаны с государственным надзором на всех этапах выполнения работ [4].

Статистика пожаров, произошедших при строительстве, ремонте, модернизации и утилизации морских (речных) объектов в организациях судостроительной промышленности, убедительно показывает, что основной причиной пожаров и загораний являются нарушения требований правил пожарной безопасности при проведении работ с применением открытого огня, а также работ с применением горючих и легковоспламеняющихся веществ и материалов [5]. Пожары при проведении работ (прежде всего огневых), как правило, начинаются в случае непринятия должных мер по соблюдению установленных безопасных расстояний от высококалорийных источников тепла (пламя газовой горелки, электросварка и др.) до незащищенных поверхностей сгораемых материалов (штатно установленных специальных покрытий, горючей теплозвукоизоляции, изоляции кабельной продукции и большой номенклатуры других горючих материалов). Список специальных покрытий как в межбортном пространстве, так и в помещениях судовых энергетических установок многообразен и различается конкретными проектами подводных лодок (ПЛ). В частности, на ПЛ проекта 949А «Антей», пожар при ремонте которой произошел 7 апреля 2015 г., в головной организации АО «ЦС Звёздочка» в балластной цистерне № 15 по левому и правому бортам были установлены специальные полимерорезиновые изделия, а также ряд других специальных покрытий, обеспечивающих необходимые параметры эксплуатации данных кораблей. На развитие пожара в цистернах главного балласта (ЦГБ) оказывают существенное влияние физико-химические свойства установленных специальных покрытий, конструкция ЦГБ, наличие замкнутых пространств и «карманов», которые образуются в нишах рёбер жёсткости и переборок, раскрепляющих легкий корпус лодки (рис. 1) [6, 7].

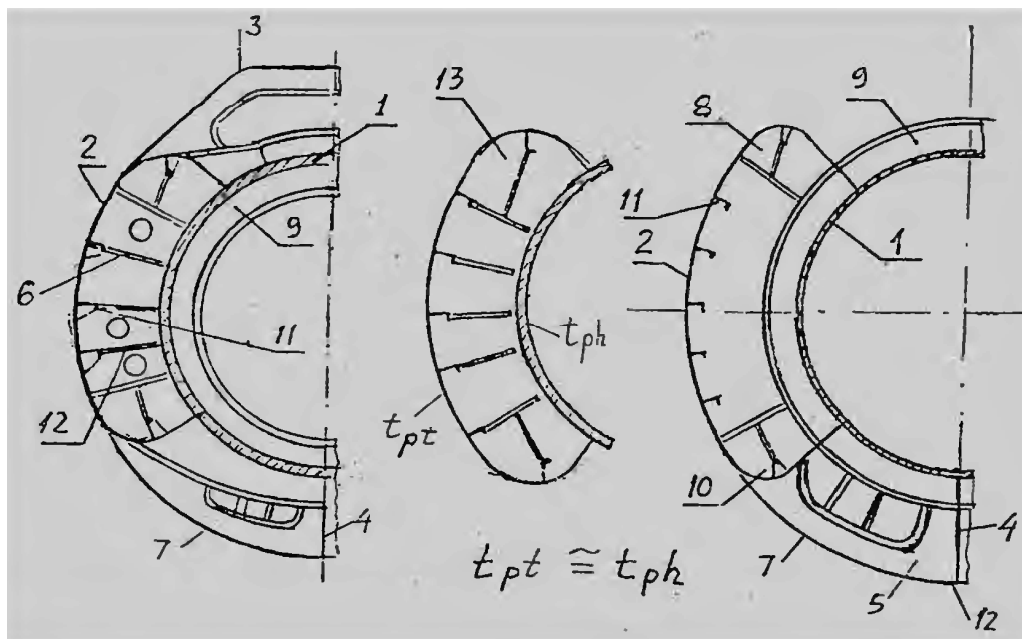


Рис. 1. Конструкции прочных цистерн с продольной системой набора:
 1 – прочный корпус; 2 – наружный корпус; 3 – надстройка; 4 – доковый киль; 5 – бракета;
 6 – ребро жесткости; 7 – легкий корпус; 8 – бракета; 9 – шпангоут прочного корпуса;
 10 – нижняя бракета; 11 – продольные рёбра жесткости; 12 – диаметральной плоскости;
 13 – переборка

Полимерорезиновые пластины, которыми насыщен корпус лодки, относятся к твердым горючим веществам. Показателем горючести резин является кислородный индекс (КИ), который зависит от сырья (каучука), из которого изготовлены резины. К отличительным особенностям при тушении пожаров в районах с установленными специальными покрытиями относятся:

- значительное дымообразование, высокая температура в зоне пожара;
- быстрое распространение фронта пламени (прежде всего, по вертикали балластной цистерны), прогрев металлических конструкций корпусов (легкого и прочного) и, как следствие, развитие пожара в смежные межкорпусные объёмы;
- сложность, а порой и невозможность подачи огнетушащих веществ в очаг пожара в связи с ограниченным количеством штатных горловин и технологических вырезов, а также из-за планировки цистерн, разделённых шпангоутами на шпации, которые препятствуют проникновению средств тушения непосредственно к очагу пожара;
- разрушение пены в условиях высоких температур;
- привлечение значительных сил и средств к тушению;
- высокие факторы риска для личного состава подразделений пожарной охраны.

Переборки ПЛ обеспечивают непроницаемость и прочность корпуса, являются опорами обшивки прочного корпуса, служат для лучшей организации внутреннего пространства [7]. Вместе с тем делают физическую невозможность доставки огнетушащего вещества в пространства, находящиеся под бракетами, ребрами жёсткости и шпангоутами. Сложность тушения также предопределяет факт негерметичности цистерн, имеющих технологические вырезы и кингстоны для забора и сброса воды в основании (рис. 2). Указанные особенности крайне усложняют тушение пожара и проведение аварийно-спасательных работ подразделениями пожарной охраны, а при развитых пожарах приводят к неэффективности тушения с использованием традиционных средств и методов. Именно поэтому развившиеся пожары имеют «затяжной характер».

Анализ пожаров на ПЛ и динамика их тушения, выполненный авторами, показывают, что только в случае короткого (в пределах до 10 мин) времени от начала пожара до введения сил и средств пожарной охраны возможна ликвидация загорания без существенного нарастания опасных факторов пожара.

Отличительными особенностями пожаров в ЦГБ и замкнутых конструкциями лодки помещениях энергетической установки являются: плотное дымообразование, высокая температура в зоне пожара, аккумуляция тепла и передача достаточной энергии для возникновения горения в соседних (смежных) с ними помещениях. Штатные горловины балластных цистерн имеют размеры не более 600x800 мм. Пространство в ЦГБ, недоступное под бракетами, ребрами жёсткости и переборками, образует недостижимые для огнетушащих веществ «карманы», доставить в которые огнетушащие вещества физически крайне трудно. На стадии развитого пожара очаги пожара в «карманах» ЦГБ могут иметь различную форму и площадь. Такие «карманы» значительно усложняют процесс тушения ЦГБ. Также, следует иметь в виду, что, подавая пену через надстройку балластной цистерны, пена под действием силы тяжести будет падать вертикально вниз, практически не соприкасаясь с вогнутыми сферическими поверхностями цистерн. Таким образом, очаги пожара для пены в этом случае остаются практически не достигаемыми рис. 2.

Воздушно-механическая пена – одно из основных огнетушащих веществ, применяемых для тушения замкнутых объемов. Пена лучше заполняет помещения, если она подается по потоку движения воздуха. Это условие необходимо учитывать при определении мест ввода пенных генераторов на тушение.

Нередко в случаях развитых пожаров при горении специальных покрытий внутри ЦГБ происходят хлопки и взрывы парогазовоздушных смесей – продуктов пиролиза покрытий (пример: пожар на утилизируемой АПЛ проекта 09780, зав. № 08450 в головной организации АО «ЦС «Звёздочка» 6 октября 2009 г.), при этом даже в начальной стадии горение специальных покрытий сопровождается мощным тепловым излучением [8].

По практическим наблюдениям, отклонение факела пламени от вертикальной оси составляет 60–70 °С.

Нельзя не отметить, что главное преимущество пены как огнетушащего вещества – это её способность изолировать «горящую» поверхность от соприкосновения с окислителем воздуха, который поддерживает горение. Опыт тушения ЦГБ показывает, что ликвидировать горение применением пенных растворов (пена низкой кратности), как и пеной средней и высокой кратности, в чистом виде не удаётся. И это, прежде всего, основано на следующих факторах.

Изолирующая способность пены определяется ее стойкостью, то есть способностью сохранять свою форму и объем в течение определенного времени. С момента получения пены в ней начинаются процессы, приводящие к ее разрушению. Они происходят самопроизвольно и связаны со стеканием жидкости в межпузырьковых пленках, что приводит к разрыву пузырьков. При внешних воздействиях разрушение пены ускоряется. При тушении объемным способом, внутри раскалённой цистерны ПЛ, слой пены со всех сторон подвергается воздействию теплового излучения пламени и потоков раскаленных продуктов сгорания, а снизу – нагретой до кипения жидкости. В процессе тушения горючих материалов в объеме происходит конвективный теплообмен, в результате которого температура выравнивается по всему объему, за исключением «карманов», в которых теплообмен происходит независимо от основной массы горючего материала (рис. 2, 3).

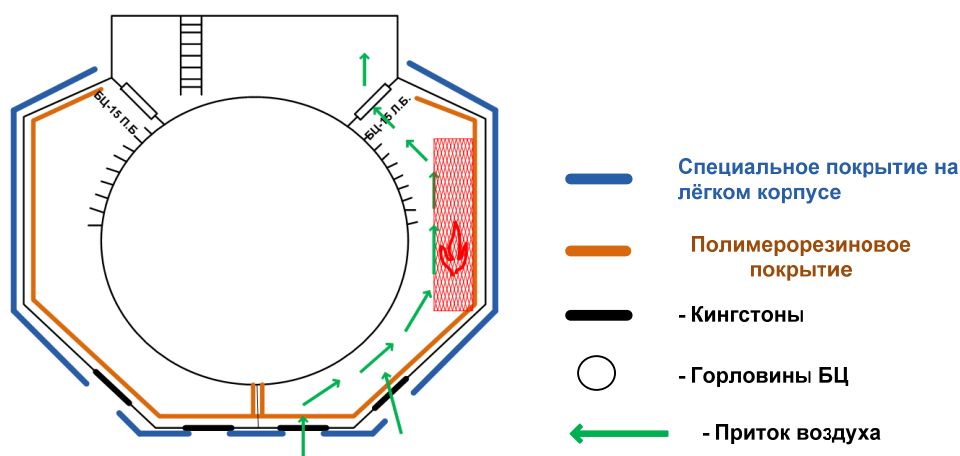


Рис. 2. Схема поперечного разреза цистерны в стадии развившегося пожара (БЦ – балластная цистерна)

Тепловое излучение и продукты сгорания многократно ускоряют процесс разрушения пены. Для каждого вида горючих веществ существует своя критическая температура, при которой пена, нанесенная на ее поверхность, полностью утрачивает свои изолирующие свойства. При повышении температуры усиливаются тепловые колебания адсорбированных молекул, вследствие чего механическая прочность поверхностного слоя, образованного молекулами пенообразователя, ослабляется. Кроме того, вязкость пенообразующего раствора снижается и, соответственно, увеличивается скорость истечения жидкости из пены, а также изменяются условия гидратации полярных групп пенообразователя. При повышении температуры устойчивость гидратных слоев снижается, что вызывает уменьшение устойчивости пены.

Время тушения пожара зависит от соотношения интенсивностей подачи пены – I , л/м²с (линия № 1) и скорости её разрушения (линия № 2). Если они равны (или меньше), то тушение не достигается. Такая интенсивность подачи называется критической – $I_{кр}$. Характерная зависимость времени тушения (кривая тушения) и удельного расхода пены $q_{уд}$ от интенсивности подачи показана на рис. 3.

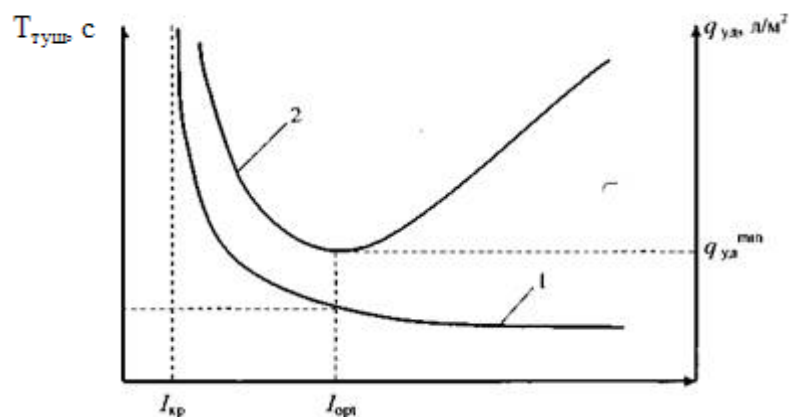


Рис. 3. Зависимость времени тушения $T_{туш}$, с и удельного расхода $Q_{уд}$, л/м² от интенсивности подачи раствора пенообразователя I , л/м²с (1 – кривая интенсивности подачи пены; 2 – кривая разрушения пены)

Следует отметить, что ЦГБ на ПЛ проекта 949А не были загерметизированы, что не позволило создаться критической массе пены для успешной изоляции очагов горения (поступающий объем пены превращался в раствор). Кроме того, наличие «карманов» обуславливало необходимость проведения специальных мероприятий, позволяющих обеспечить одновременную подачу огнетушащих средств как на открытую поверхность горючего, так и в труднодоступные области цистерн («карманы»). Пенную атаку в таких случаях необходимо проводить одновременно с подачей стволов как на открытую поверхность, так и в «карман». Одним из способов обеспечения подачи пены в «карман» является проведение работ по вскрытию стенки легкого корпуса заказа и подачи пожарных стволов непосредственно внутрь ЦГБ. Далеко не всегда командир корабля может дать разрешение на вскрытие легкого корпуса [3].

Итоги ликвидации пожара на ПЛ проекта 949А показали, что для успешной борьбы с огнём в межбортном пространстве ПЛ требуется внедрение новых систем, средств и способов пожаротушения. К таким, например можно отнести применение тонкораспыленной воды, как объемно-поверхностного способа тушения пожаров. Указанный способ позволяет ликвидировать пламенное горение практически всех веществ, за исключением веществ, бурно реагирующих с водой с выделением горючих газов и тепловой энергии. Тонкораспыленная вода как наиболее эффективное огнетушащее вещество обладает способностью к охлаждению зоны горения ниже температуры воспламенения и уменьшению концентрации реагирующих веществ ниже уровня устойчивого горения. Небольшие добавки к тонкораспыленной воде пленкообразующих огнетушащих веществ способствуют прекращению доступа горючих паров в зону горения за счет создания изолирующего слоя из пленкообразующих веществ при ликвидации горения.

Литература

1. Галишев М.А., Моторьгин Ю.Д. Стохастические методы принятия решений для уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 4 (28). С. 59–64.
2. Правила пожарной безопасности при утилизации атомных подводных лодок (ППБ УАПЛ). М., 1999.
3. Правила пожарной безопасности на строящихся и ремонтируемых судах (ППБ СРС 01-2009). М.: Минпромторг России, 2009.

4. Проведение утилизации судов АТО в условиях судоремонтного производства / В.А. Анитропов [и др.] // Технология судоремонта. 2004. С. 2–3.
5. Лыткин А.С., Любимов Е.В., Гремин Ю.В. Вопросы нормативного обеспечения пожарной безопасности при строительстве, ремонте и утилизации морских (речных) объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 4 (32). С. 16–21.
6. Барабанов Н.В. Конструкция корпуса морских судов: учеб. 4-е изд. Т. 1: Общие вопросы конструирования корпуса судна. СПб.: Судостроение, 1993. С. 305–311.
7. Шемендюк Г.П., Петрович Ч.Ч. Проектирование корпусов подводных лодок: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. С. 132–135.
8. Корабел.ру. URL: http://www.korabel.ru/news/comments/6_oktyabrya_na_oao_tss_zvezdochka_proizoshlo_vozgoranie_izolyatsionnih_materialov_utiliziruemoj_apl_kazan.html (дата обращения: 07.01.2017).

References

1. Halish M.A., Motorygin Yu.D. Stochastic methods of decision-making to reduce the likelihood of emergencies // Problems of risk management in the technosphere. 2013. № 4 (28). Pp. 59–64.
2. Fire safety regulations when disposing of nuclear submarines (PPB UAPL). M., 1999.
3. Fire safety regulations on construction and repaired vessels (PPB CDS 01-2009). M., 2009.
4. Conduct dismantlement of NSS in a ship-repair production / V.A. Anitropov [et. al.] // Ship repair technology. 2004. Pp. 2–3.
5. Lytkin A.S., Lyubimov E.V., Grameen J.V. Questions regulatory fire safety during the construction, repair and disposal of marine (river) Object // Problems of risk management in the technosphere. 2014. № 4 (32). Pp. 16–21.
6. Barabanov N.V. The construction of ships hull: Tutorial. 4-th ed. Vol. 1: General questions of constructing housing sea craft. SPb.: Shipbuilding, 1993. Pp. 305–311.
7. Shemendyuk G.P., Petrovic C.C. Design submarine hulls: tutorial. Vladivostok: FESTU Publishing, 2007. Pp. 132–135.
8. Korabel.ru. URL: http://www.korabel.ru/news/comments/6_oktyabrya_na_oao_tss_zvezdochka_proizoshlo_vozgoranie_izolyatsionnih_materialov_utiliziruemoj_apl_kazan.html (date of the application: 07.01.2017).