
ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ МАТЕРИАЛОВ И СРЕД, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПОСТРОЙКЕ И РЕМОНТЕ СУДОВ

Ю.В. Гремин;

Е.В. Любимов, кандидат технических наук, доцент;

М.Р. Сытдыков. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Показана необходимость учета входящих в состав нагрузки конструктивных и отделочных материалов судна и находящихся при постройке и ремонте на судне сред, применяемых в технологических процессах. Количество этих материалов и сред может достигать до 20-30 % от массы судна порожнем. Кроме того, существуют суда с корпусами из пластика, дерева и легких сплавов

Ключевые слова: судно, пожарная опасность, материалы и среды, системы ТОС, горючая нагрузка

FEATURES OF FIRE DANGER OF MATERIALS AND THE ENVIRONMENTS APPLIED AT CONSTRUCTION AND REPAIR OF COURTS

Y.V. Gremin; E.V. Ljubimov; M.R. Sytdykov.

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

Necessity of the account of constructive loading constructive and finishing materials of a vessel both being at construction and repair on a vessel of the environments applied in technological processes is shown. The quantity of these materials and environments can reach 20-30 % from weight of a vessel the empty. Besides, there are vessels with cases from plastic, a tree and easy alloys

Key words: a vessel, fire danger, materials and environments, systems TOS, combustible loading

Необходимость повышения морского потенциала нашего государства признана на государственном уровне. Для реализации программ восстановления морских составляющих (экономики, оборонного потенциала) принят ряд мер, в частности, по увеличению вылова морепродуктов, росту доли отечественного флота в перевозке грузов, повышению морской добычи углеводородного сырья, усилению охраны национальных природных ресурсов и т.п. Это должно быть обеспечено вводом в строй новых транспортных и рыбопромысловых судов, средств океанотехники, кораблей ВМФ и охраны экономической зоны России. В связи с этим необходимо усилить отечественную судостроительную и судоремонтную базу, принять меры, в том числе и по повышению ее безопасности.

Современный технический объект является пересечением потоков энергии, веществ, информации. В его деятельности участвуют люди, поэтому любые сложные эколого-энергетические («человек – машина – среда») системы являются потенциально опасными. Одно из проявлений технической (промышленной) опасности – пожарная опасность.

Пожары приводят к травмированию и гибели людей. Нарушается устойчивость функционирования предприятий. Так, например, вследствие пожаров в промышленности США 43 % предприятий не могут возобновить свою деятельность непосредственно после пожара, 28 % предприятий восстанавливается в течение трех лет и только 23 % после пожара работают нормально [1, 2].

Судостроение по сравнению с большинством других отраслей машиностроения отличается повышенной пожарной опасностью, что связано с некоторыми особенностями судна как объекта производства [2–4]:

- высокие значения трудоемкости его постройки, ремонта и модернизации;
- большое количество работников, находящихся на судне;
- водоизмещения и размерения¹ судов и средств океанотехники, достигающие сотен метров;
- высокие величины потоков энергии, проходящих через него;
- большое количество изолированных и замкнутых помещений, цистерн и других объемов различных размеров и конфигураций;
- значительное количество горючих материалов, применяемых на судах (более 300 наименований), большие объемы и номенклатура применяемых при постройке судна горючих и взрывоопасных сред и материалов;
- длительный цикл постройки судна (в том числе стапельного периода и достройки), в зависимости от водоизмещения достигающий десятков месяцев, приводящий к захламлению судна;
- отсутствие до заключительных этапов постройки полноценной конструктивной противопожарной защиты, готовых к действию систем пожаротушения и пожарной сигнализации и невысокий уровень адаптации систем пожарной сигнализации и обнаружения пожаров к условиям строящегося судна;
- наличие проводок технологических систем, загромождающих проходы, не позволяющих задрать люки, двери, иллюминаторы и требующих, зачастую, выполнения технологических вырезов в переборках, палубах, бортах, а также затрудняющих эвакуацию с судна;
- крайне ограниченное количество входов (выходов) на судно (с судна) на заключительных этапах строительства, особенно при нахождении судна на плаву;
- опасность применения основных традиционных средств тушения – воды, а при нахождении судна на плаву – и пены низкой и средней кратности из-за возможности его опрокидывания в связи с образованием большой свободной поверхности в помещениях судна.

К пожароопасным технологическим средам, поступающим на судно, относятся, в первую очередь ацетилен, кислород. Кроме того, значительные объемы поступающего на строящееся (ремонтируемое) судно сжатого воздуха также обеспечивают достаточное количество кислорода для поддержания возникшего горения. Перечисленные газы подаются на судно в баллонах и по трубопроводам с берега и (или) по судну.

При выполнении ряда технологических операций применяются в качестве рабочих сред (разбавителей и т.п.) бензин, уайтспирит, растворители; жидкости для промывки трубопроводов систем, механизмов и т.д.

На судно подается электроэнергия переменного тока напряжением 380 и 220 В, которая коммутируется на судне как в напряжение этих же величин, так и преобразуется в напряжение 36 и 27 В. Также используются батарейки и аккумуляторы (например, в фонариках, контрольно-измерительных приборах, средствах связи и др.) напряжением до 12 В. Изоляция электрических кабелей и проводов изготовлена из горючих или трудногорючих материалов.

¹ Принятое в судостроении название наружных размеров судна (длина, ширина, высота корпуса и полная высота судна)

В системах ТОС² применяются шланги и вентиляционные рукава из горючих материалов, большое количество синтетических тросов, тентов, чехлов. В технологических процессах используются ветошь, другие обтирочные материалы.

В итоге масса систем ТОС и другого технологического оборудования может достигать 15 % от массы судна при водоизмещении порожнем³, причем до 50–65 % массы применяемых в этих системах и оборудовании материалов – горючие или трудногорючие. В системы ТОС входят баллоны и трубопроводы с ацетиленом, кислородом, сжатым воздухом; различные шланги, рукава, кабели и провода. Используются в том числе и деревянные подмости и щиты на лесах.

Кроме того, необходимо учитывать, что для обычного судна около 10 % его массы при водоизмещении порожнем составляют горючие и трудногорючие вещества и материалы [4], а судно при постройке (ремонте) находится в состоянии повышенной пожарной опасности. При этом на судне ведутся огневые работы: сварка, пайка кабелей и труб судовых систем, газовая резка, механическая обработка металлических конструкций, проводятся испытания систем, двигателей и теплообменных аппаратов и т. п. Практически одновременно осуществляются огнеопасные и взрывоопасные работы: окрасочные, изоляционные, гуммировочные, по нанесению покрытий, по отделке и оборудованию помещений, сращивание кабелей, обезжириванию и т. д.

Существенную пожарную опасность представляют неубранные отходы производства: промасленная ветошь, отходы лакокрасочных материалов и их проливы, отходы пластиков, изоляции, резины, легких сплавов и др.

Существуют целые классы и типы судов, корпуса которых полностью или частично выполнены из легких сплавов (алюминиевых, титановых), пластиков и резиновых композиций (например, юбки судов на воздушной подушке), других композитных горючих материалов, дерева. Часть этих материалов, кроме того, при механической обработке выделяет взрывоопасные пыли. Известен случай, когда из-за самовозгорания промасленной ветоши, не убранной с борта, полностью построенное и подготовленное к испытаниям средство сгорело менее чем за 30 мин.

На стапеле его секции и блоки, а по мере дальнейшего формирования корпуса и само судно устанавливается на опорном устройстве, в состав которого обязательно входят деревянные элементы (также как и в состав спускового устройства).

Требования к обеспечению пожарной безопасности при постройке и ремонте судна определяются не только нормативными документами, но в значительной мере и правилами [5]. В них, например, декларируется, что предпочтение отдается негорючим материалам, однако к негорючим правила [5] относят материалы, температура воспламенения которых около 750 °С, которая достигается уже к 20–25 минуте стандартного огневого испытания [6] (рис.). Кроме того, действуют ограничения на горючую нагрузку (масса горючих веществ, отнесенная к площади пола помещения), которая не должна превышать 45 кг/м², но при этом не учитывается энергетическая составляющая – удельная теплота сгорания – хотя ее значения существенно разнятся для применяемых на судах материалах и для многих из них могут значительно превышать ее величину для дерева (табл. 1) [4].

² ТОС – техническое обеспечение судна – комплект систем, оборудования и приборов, используемых при постройке и ремонте судна (системы вентиляции, электроснабжения, связи, пожаротушения, водообеспечения, газоснабжения, контрольно-измерительные приборы и системы).

³ Водоизмещение порожнем – водоизмещение без запасов, экипажа, пассажиров и грузов.

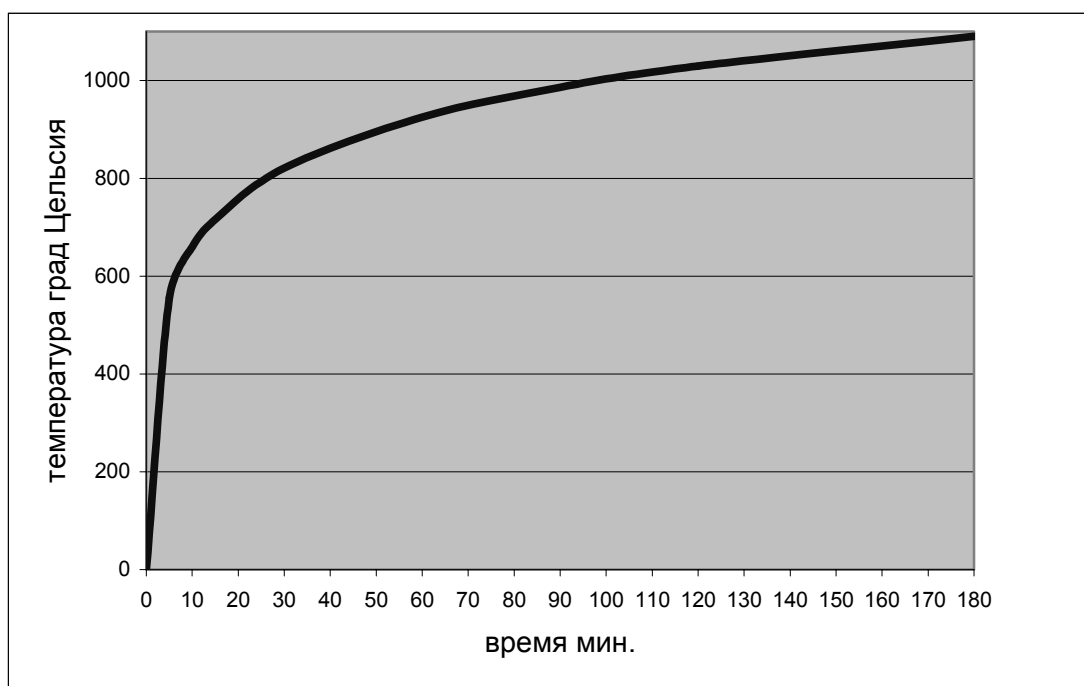


Рис. Стандартная температурная кривая

Некоторые характеристики горения основных судостроительных материалов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Удельная теплота сгорания некоторых материалов, применяющихся на судах

Теплота	Материал						
	древесина	каучук синтетический	резинотехнические изделия	полистирол	пенополиуретан	пенопласт ФС-7	алюминий
Теплота сгорания, МДж/кг	13,8	45,25	33,4	39,0	24,3	24,4	31,1
Относительная теплота сгорания (к древесине)	1,00	3,28	2,42	2,83	1,76	1,77	2,25

Таблица 2. Показатели взрывоопасности по ГОСТ 12.1041-83 пылей некоторых применяемых в судостроении веществ

Горючее вещество	НКПВ, г×м ⁻³	W_{\min} , МДж	$t_{св.}$, °С	P , кПа	dP/dt , кПа×с ⁻¹	МВСК, % об.
Титан	60	25	510	371	23800	+У:1
Алюминиево-магниевый сплав	25	0,025	470	660	63000	+У:+А
Железо восстановленное	66	80	475	250	50000	11,0
Бронзовая пудра	1000	-	190	300	9000	16,0
Олово	190	80	430	260	9000	16,0
Смола фенол-формальдегидная	71	-	-	700	28000	13,0
Смола фенольная	25	10	460	650	33300	14,0
Смола эпоксидная	20	15	540	647	41340	12,0
Полистирол	25	15	488	720	29000	10,0
Полиэтилен	12	30	440	560	-	13,0
Полиэфир	45	50	485	640	-	-
Резиновая мука	74-79	2	377	550	2000	14,0

По данным, приведенным в [6], температура развившегося пожара на эксплуатирующемся судне достигает 1000–1100 °С, что связано, прежде всего, с высокой насыщенностью помещений синтетическими материалами большими массами горюче-смазочных материалов. Развитие пожара может опережать стандартную температурную кривую примерно на 100 °С [6]. Тем более, что по оценке специалистов при отсутствии на строящемся или модернизируемом судне полноценной конструктивной защиты и судовых систем пожаротушения и при наличии дополнительной горючей нагрузки и массового выполнения пожароопасных работ, пожар может развиваться интенсивнее, чем на действующем судне. При этом чаще возникают дополнительные угрозы судну, например, потеря прочности конструкций и даже потеря общей прочности в результате пожара (табл. 3), возможность опрокидывания судна при нахождении его на стапеле (из-за разрушения опорных устройств) или на плаву в результате избыточной подачи воды на судно [2].

Таблица 3. Теплофизические свойства судостроительных материалов

Материал	Температура плавления, $T_{пл}$, °С	Температура потери упругости, T_0 , °С	Критическая температура, $T_{кр}$, °С	Плотность, ρ , кг/м ³	Предел текучести, σ_T , МПа	Модуль нормальной упругости, $E \times 10^{-3}$, МПа
ВСтЗсп	1450	700	470	7850	236	2,01
10ХСНД (СХЛ-4)	1450	850	500	7850	392	2,06
АК-25	1450	850	До 600	7830	590	2,11
АК-29	1450	850	До 600	7840	785	2,11
Титановый сплав Сп.3	1700	900	До 500	4500	590	1,18
Алюминиево-магниевый сплав 1561	650	400	250	2650	175	0,70

Можно предположить, что продолжительность пожара на строящемся или ремонтируемом судне будет выше, чем на судне, находящемся в эксплуатации. По многолетним данным, средняя продолжительность пожара на судах, подведомственных отечественному Регистру, составляет 5,9 ч, а количество пожаров, потушенных за один час, составляет лишь 30 % от всех судовых пожаров [7].

Представляет определенный интерес распределение пожаров по причинам пожаров, горевшим средам и группам цехов (таблицы 4, 5, 6).

Таблица 4. Основные причины пожаров на предприятиях Россудостроения

Причина пожара	Количество пожаров по годам, %			
	2000	2001	2002	2003
Нарушение правил пожарной безопасности при проведении электросварочных и газорезательных работ	5,8	3,7	5,8	
Неисправность технологического оборудования и нарушение регламента	1,9	0	1,9	·
Нарушение правил устройства и эксплуатации электросетей и электрооборудования	28,8	25,9	28,8	·
Неосторожное обращение с огнем, в том числе курение	61,6	61,1	61,6	·
Поджог	1,9	1,9	1,9	·
Другие причины, в том числе не установленные	-	7,4	-	·
Всего пожаров	100	54	100	100

Примечание. За 2000-2003 гг. на предприятиях Россудостроения в результате пожаров погибло 12 чел.

Таблица 5. Распределение пожаров по цехам судостроительных заводов

Место пожара	Количество пожаров, %
Цеха верфи	62
Прочие цеха	19
Складские помещения	19
Всего	100

Таблица 6. Обобщенные данные по горевшим материалам на строящихся и ремонтируемых судах

Горевшая среда	Процент
Конструкционные материалы, изоляция, облицовка	31,0
Судовые запасы и принадлежности	26,5
Технологическое оборудование	24,2
Жидкое топливо и смазочные масла	15,1
Производственные отходы	3,2
Прочие	15,1
Всего	100,0

Учитывая высокую цену пожаров на судостроительных предприятиях, их экономический и социальный резонанс, следует принимать меры по повышению уровня пожарной безопасности судов при постройке и ремонте, для чего необходимо, в частности, разрабатывать логико-математические модели таких составляющих системы обеспечения пожарной безопасности, как совершенствование нормативной базы, повышение действенности пожарной профилактики, систем, средств и способов пожаротушения. Для этого необходимо провести тщательный анализ статистических данных и экономических показателей.

Литература

1. Пожарные риски. Вып. 1 / под ред. Н.Н. Брушлинского. М., 2004.
2. Любимов Е.В. Пожарная безопасность судостроительных и судоремонтных предприятий: учеб. пособ. СПб.: СПбГМТУ, 2007.
3. Технология судостроения: учеб. для вузов / под общ. ред. А.Д. Гармашева. СПб.: Профессия, 2003.
4. Любимов Е.В. Пожарно-техническая обеспеченность предприятий судостроения // Вестник Санкт-Петербургского института Государственной противопожарной службы МЧС России. 2005. Вып. 1 (8). С. 18–21.
5. Правила классификации и постройки морских судов. 10-е изд. Т. 1. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2008.
6. Радзиевский С.И., Хнычкин В.М. Пожаробезопасность и противопожарная защита корабля. Л.: Судостроение, 1982.
7. Любимов Е.В. Проектное обеспечение пожарной безопасности на море // Судостроение. 2007. № 4. С. 35–40.