

# ПОВЫШЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ СУДОВЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ УГЛЕВОДОРОДНОМ ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ

УДК 614.841.3

**И.В. Абрамов**, ПАО «Газпром» (Санкт-Петербург, РФ)

**М.В. Гравит**, к.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (Санкт-Петербург, РФ)

**Э.И. Гумерова**, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», eliza\_gumerova@mail.ru

Приведен обзор международных, европейских и американских нормативных документов на испытания по определению пределов огнестойкости строительных конструкций при моделировании углеводородного температурного режима. Проанализированы нормативные требования для судовых конструкций при проектировании судов и морских стационарных платформ. Определено, что однозначные требования к пределам огнестойкости конструкций к воздействию углеводородного температурного режима присутствуют только для морских стационарных платформ. Выявлены разногласия в нормативных документах, регламентирующих соответствующую методику испытаний для конструкций платформ. Проанализированы средства огнезащиты для судовых и строительных конструкций для образцов, испытанных при углеводородном температурном режиме.

Приведены требования к конструктивным решениям, материалам и технологиям при проектировании объектов морского транспорта, плавучих буровых установок и причальных комплексов. В табличной форме даны сертификаты для судовых противопожарных конструкций. Рассмотрены основные положения нормативных документов ведущих зарубежных компаний нефтегазового комплекса в области огнезащиты конструкций зданий и сооружений.

Установлено, что за рубежом применение средств огнезащиты в условиях углеводородного температурного режима регламентируется собственными отраслевыми стандартами, в то время как российские производители в добровольном порядке проводят испытания выпускаемых средств огнезащиты согласно методикам, приводимым в различных иностранных нормативных документах. Сделан вывод о необходимости разработки отечественной нормативной базы, регламентирующей требования к строительным конструкциям в условиях возможного развития углеводородного температурного режима, и российских методик испытаний конструкций в условиях углеводородного температурного режима.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** СООРУЖЕНИЕ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА, СТРОИТЕЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ, БЕРЕГОВАЯ СТАЦИОНАРНАЯ ПЛАТФОРМА, МОРСКАЯ СТАЦИОНАРНАЯ ПЛАТФОРМА, ПРЕДЕЛ ОГНЕСТОЙКОСТИ, СРЕДСТВА ОГНЕЗАЩИТЫ, ОГНЕЗАЩИТНОЕ ПОКРЫТИЕ, ОГНЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЖАРА, УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ.

Для понимания сценария развития пожара на объектах нефтегазового комплекса (НГК) оцениваются возможные последствия пожара разлива или резервуара хранения нефтепродуктов, исходя из расчета риска возникновения и развития аварий. Далее необходимо дифференцировать объекты по возможному режиму пожара, обосновать расчетом и подтвердить

экспериментальными данными пределы огнестойкости конструкций с учетом воздействия углеводородного температурного режима и при наличии соответствующих средств огнезащиты.

В области огневых испытаний конструкций в России, США и ЕС регламентируются стандартный (целлюлозный), наружный, медленно развивающийся (тлеющий) и углеводородный режим. Строи-

тельные конструкции (преимущественно стальные) резервуаров, оборудования, зданий и сооружений, а также конструкции танкеров и морских сооружений при аварии, сопровождающейся пожаром и взрывом, подвергаются высокотемпературному воздействию, обусловленному количеством и типом пожарной нагрузки. Среднеповерхностная температура пламени большинства нефтепро-

**Abramov I.V.**, Gazprom PJSC (Moscow, Russian Federation)

**Gravit M.V.**, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Federal State Autonomous Educational Institution for Higher Education “Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University” (Saint Petersburg, Russian Federation)

**Gumerova E.I.**, Federal State Autonomous Educational Institution for Higher Education “Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University”, eliza\_gumerova@mail.ru

### Increase in the fire resistance limits of ship and building structures with hydrocarbon fire

The review of international, European and American normative documents for testing to determine the limits of fire resistance of building structures in the simulation of the hydrocarbon fire is presented. The regulatory requirements for ship structures in the design of ships and offshore fixed platforms are analyzed. It is determined that unambiguous requirements to the fire resistance limits of structures to the effects of the hydrocarbon fire are present only for offshore fixed platforms. Disagreements in the normative documents regulating the appropriate test methodology for platform structures are revealed. Fireproofing for ship and building structures for samples tested under the hydrocarbon fire are analyzed.

The requirements for design solutions, materials and technologies for the design of marine transport facilities, floating drilling rigs and berthing facilities are shown. The certificates for ship fire-prevention designs are given in the tables. The main principles of normative documents of the leading foreign companies of the oil and gas complex in the field of fire protection of structures are considered.

It is found that the use of fireproofing in the conditions of the hydrocarbon fire is regulated abroad by their own industry standards, while Russian manufacturers conduct tests of the produced fireproofing voluntarily, according to the procedures given in various foreign regulatory documents. It is concluded that the development of domestic regulatory database, regulating the requirements for building structures in conditions of possible development of the hydrocarbon fire, and the design of Russian methods for testing structures under the conditions of the hydrocarbon fire are necessary.

**KEYWORDS:** MARINE TRANSPORT AND OFFSHORE STRUCTURES, FIRE RESISTANCE LIMITS, PASSIVE FIRE PROTECTION, FLAME-RETARDANT COATING, FIRE RATING, HEATING REGIMES OF FIRE, HYDROCARBON FIRE, HYDROCARBON CURVE.

дуктов превышает 1000 °С. Данные конструкции должны обладать огнестойкостью – повышенным сопротивлением к особым нагрузкам, обусловленным горением именно углеводородного топлива.

Передовая практика морской добычи углеводородов закреплена в риск-ориентированном подходе, принятом в России, Великобритании, США, Норвегии, Австралии, Франции, где при оценке безопасности используется метод анализа рисков и оценки их последствий. На этой основе определяются места наиболее вероятного возникновения аварии. Эти участки обеспечиваются адекватной защитой, позволяющей снизить уровень риска до приемлемого минимума. Метод анализа рисков дает возможность разработки более безопасных и в то же время экономичных проектных решений, в том числе и для защиты конструкций [1–3].

В целом в отечественной литературе используется стандартный

температурный режим для строительных конструкций нефтегазовых объектов [4–6]. За рубежом углеводородный температурный режим как модель проведения испытаний для конструкций в нефтегазовой промышленности используется начиная с 1980-х гг. [6, 7].

Статья посвящена обзору нормативных требований для современных средств огнезащиты строительных конструкций НГК и конструкций морского транспорта при пожарах, приближенных к условиям углеводородного температурного режима.

#### МЕТОДОЛОГИЯ ИСПЫТАНИЙ

В международном масштабе совершенствованием и унификацией методологии испытаний строительных конструкций на огнестойкость занимается Технический комитет 92 «Пожарная безопасность» Международной организации по стандартизации. В рамках этого Комитета и на основании

широкого международного сотрудничества разработан стандарт на метод испытания строительных конструкций на огнестойкость ISO 834-1:1999 [8], который является методологической основой для проведения таких испытаний, в том числе в России.

При определении ряда параметров огнестойкости зданий и сооружений возникает необходимость выбора температурного режима, который при огневых испытаниях позволил бы сравнивать поведение различных испытуемых объектов в условиях, максимально приближенных к условиям реального пожара, например к горению углеводородов.

С 2015 г. в России действует ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 [9]. Целью разработки данного стандарта является гармонизация подхода к выбору температурных режимов для объектов НГК и предприятий химической промышленности. Стандарт [9] действует в сочетании с европейским EN 1363-1 [10],

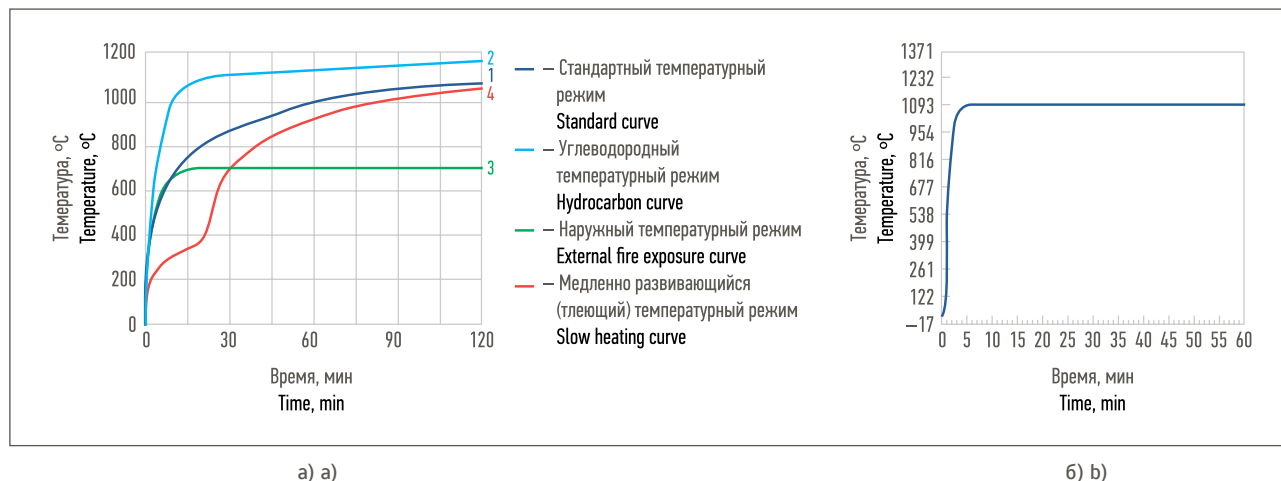


Рис. 1. Зависимость температуры от времени согласно: а) [9]; б) [21]  
Fig. 1. Dependence of temperature on time according to: а) [9]; б) [21]

что свидетельствует о преждевременности утверждения [9], поскольку [10] не гармонизирован. В [9] представлены сведения о трех альтернативных стандартному температурных режимах, учитывающих реальные условия пожара: углеводородном; наружном; медленно развивающемся (тлеющем) (рис. 1).

В проект изменения к межгосударственному ГОСТ 30247.0–94 [11] в 2015 г. также введены различные температурные режимы пожара и их буквенные обозначения: НС – углеводородная кривая, Е – наружная кривая, S – тлеющая кривая.

На данный момент на территории РФ действуют следующие нормативные документы, в которых упоминается возможность проведения огневых испытаний для конструкций по углеводородному температурному режиму, некоторые из которых идентичны (или модифицированы) с европейскими [12, 13]: ГОСТ 30247.0–94 [11]; ГОСТ Р ЕН 1363–2 [9]; ГОСТ Р 54081–2010 [14]; ГОСТ Р 53295–2009 [15]; ISO 13702:2015 [16].

Существуют также европейские и международные нормативные документы, не имеющие аналогов в РФ:

– DIN 4102–2–1977 [17], BS 476–20:1987 [18] содержат методику испытаний согласно углеводородному температурному режиму;

– ISO 22899–1:2007 [19], ISO/TR 22899–2:2013 [20] содержат информацию о методах испытаний пассивной огнезащиты.

Среди американских нормативных документов, содержащих методы испытаний с учетом различных температурных режимов, следующие:

– UL 1709 [21], представлен метод испытаний конструкций согласно углеводородному температурному режиму, в том числе дополнительный метод испытаний изгибаемых балок с огнезащитой (содержит ссылки на NFPA 1H, API RP 14FZ, API RP 2218, API STD 2510, API RP 14G, NFPA 30H, NFPA 850, NFPA 556, [16], ASTM C1094–01, NFPA 502);

– ASTM E119 [22], представлены требования к стандартному температурному режиму для различных типов конструкций – каменных и комбинированных (содержит ссылку на [8]);

– ASTM E 1529–14A [23], представлены требования к углеводородному температурному режиму (содержит ссылки на IMO A754, [8]);

– NFPA 290 [24], представлен метод испытаний для огнестойкости конструкций с пассивной огнезащитой для баллонов с сжиженным природным газом (содержит ссылки на [16, 19, 21]).

Согласно исследованиям американской страховой и инженеринговой компании Global Asset Protection Services LLC показате-

ли расхода и толщины покрытий средств огнезащиты для конструкций по методикам ASTM E119 [22] и UL 1709 [21] в условиях углеводородного температурного режима имели существенное расхождение, полученные указанными методами данные требовали корреляции между собой [7]. Международный стандарт ISO 13702:2015 [16], содержащий требования к углеводородному температурному режиму, ссылается на стандарты American Petroleum Institute (API) и американские стандарты [21, 22], при этом ссылочный стандарт ISO/TR 22899–2:2013 [20] обращается снова к европейским стандартам.

На рис. 1 приводятся графики зависимости температуры от времени согласно [9] (рис. 1а) и [21] (рис. 1б). Видно, что кривые различаются между собой, например, при 30–минутном воздействии. Так, в европейском стандарте [9] описывающая углеводородный температурный режим кривая продолжает нарастать согласно формуле, приведенной в этом документе. Напротив, в американском нормативном документе [21] кривая выходит на постоянное значение, которое должно поддерживаться до завершения огневых испытаний.

Углеводородную кривую (кривая 2 на рис. 1а) можно выразить следующим уравнением:

$$T = 1080(1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}) + 20, \quad (1)$$

где  $T$  – требуемая средняя температура в испытательной печи, °С;  $t$  – время, прошедшее с момента начала испытания, мин.

### ДОПУСТИМЫЕ ПРОЦЕНТНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ

Допустимое процентное отклонение средней температуры, измеренной печными термопарами, от значений температуры, вычисленной по формуле (1), определяют следующим образом:

- а) 15 % в диапазоне  $5 \text{ мин} < t \leq 10 \text{ мин}$ ;
- б)  $(15 - 0,5(t - 10))$  % в диапазоне  $10 \text{ мин} < t \leq 30 \text{ мин}$ ;
- в)  $(5 - 0,083(t - 30))$  % в диапазоне  $30 \text{ мин} < t \leq 60 \text{ мин}$ ;
- г) 2,5 % в диапазоне  $t > 60 \text{ мин}$  [9].

Допустимое процентное отклонение определяют по формуле:

$$d_e = \frac{T_{cp} - T}{T} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $T_{cp}$  – средняя измеренная температура в печи, принимаемая как среднее арифметическое значение показаний печных термопар в момент времени  $t$ , °С.

Все участки измеряют одинаковым способом, а именно путем суммирования участков с промежутком не более 1 мин, причем суммирование начинается с момента времени  $t = 0$ . После первых 10 мин испытания зарегистрированная любой печной термопарой температура не должна отклоняться от температуры по формуле (1) более чем на 100 °С. Для опытных образцов конструкций, обладающих высоким классом пожарной опасности, отклонение более чем на 100 °С от температуры по формуле (1) допустимо лишь на промежуток времени, не превышающий 10 мин, при условии, что такого рода отклонение объясняется внезапным воспламенением значительного количества горючих материалов, которое

повышает общую температуру в камере сгорания [9].

Следует добавить, что один из критериев оценки характеристик согласно UL 1709 [21], а именно передача тепла через защитный материал в течение периода огневого воздействия, для которого требуется определить предел огнестойкости, не должна приводить к повышению средней температуры ни на одном из четырех уровней стальной колонны сверх 538 °С, и ни одна термопара не должна показывать температуру выше 649 °С. При этом в европейском документе [9] описывается только общий метод, не приводятся данные по количеству и характеристикам образцов и по теплоизолирующей способности материала. В американском стандарте [21] регламентируются минимальная длина образца (2,44 м) для полномасштабного испытания, отмечена необходимость учитывать климатическое воздействие на стальные колонны (ускоренное старение при особых условиях, высокая влажность, соляной туман и т. д.).

### НОРМАТИВНЫЕ И РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ

Для проектирования огнестойких конструкций морского транспорта и морских сооружений применяются рассмотренные ниже руководящие и нормативные документы.

Международный кодекс по системам пожарной безопасности [25] и Международный кодекс 2010 года по применению процедур испытания на огнестойкость [26] являются неотъемлемыми частями Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г. [27].

В случае перевозок жидких грузов, представляющих дополнительную пожароопасность, также учитывают положения Международного кодекса по химовозам [28] и Международного кодекса по газовозам [29] и проводят

дополнительные расчеты риска возникновения аварии.

Для достижения целей пожарной безопасности судно разделяется на главные вертикальные и горизонтальные зоны конструкционными элементами с тепловой изоляцией и без нее. Жилые помещения отделяются конструкционными элементами с тепловой изоляцией и без нее. Ограничивается применение горючих материалов [27].

В Международной конвенции [27] приводится определение только стандартного испытания на огнестойкость, при котором образцы соответствующих переборок или палуб подвергаются нагреву в испытательной печи при температурах, приблизительно соответствующих стандартной кривой «время – температура» в соответствии с методом испытаний, отвечающим требованиям Международного кодекса [26], которые предъявляются для перекрытий (палубы, переборки) классов А (А-0, А-15, А-30, А-60), В (В-0, В-15, В-30) и С в соответствии с [30].

Среди документов, содержащих требования по огнестойкости к противопожарным конструкциям для объектов морского транспорта и инфраструктуры и имеющих ссылки на ИСО 834-1:1999 [8] (причем только на режим стандартного пожара), следующие: [26–29]; Рекомендация по испытаниям на огнестойкость для перекрытий классов А, В и F [31]; Технический регламент [30], где регламентируется обязательная оценка соответствия на перекрытия и палубы классов А, В и С; Правила классификации и постройки морских судов [32]. Все перечисленные документы регламентируют требования к конструкциям только по классам А, В, F и С, которые, за исключением класса С, испытываются по стандартному температурному режиму.

Согласно Правилам классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и



Таблица 1. Свидетельства о типовом одобрении стальных судовых конструкций, а также огнезащитных покрытий, выданные в рамках процедуры взаимного признания Европейского союза

Table 1. Certificates on the type approval of steel ship structures and fire-retardant coatings issued under the mutual recognition procedure of the European Union

№ п/п	Наименование конструкции	Производитель	Пожарно-технические характеристики конструкции и покрытия	Лаборатория	Документы, на основании которых проведены испытания
1.*	Палуба класса Н (Н-0, Н-60, Н-120)	Jotun Paints (Europe) Ltd., Великобритания	Палубы с минимальной толщиной $L_{\min} = 4,5$ мм, изолированные со стороны ребер жесткости эпоксидным вспучивающимся покрытием Jotachar JF750 с $L_{\min}$ , мм: 5,5 (для палубы Н-0); 11,9 (Н-60); 17,9 (Н-120)	BRE Global, Великобритания	Ч. 3, прил. 1 [26], [31]
2.*	Переборка класса Н (Н-0, Н-60, Н-120)	Jotun Paints (Europe) Ltd., Великобритания	Переборка с $L_{\min} = 4,5$ мм, изолированная со стороны, противоположной ребрам жесткости, эпоксидным вспучивающимся покрытием Jotachar JF750 с $L_{\min}$ , мм: 5,6 (для переборки Н-0); 12,9 (Н-60); 17,6 (Н-120)	BRE Global, Великобритания	Ч. 3, прил. 1 [26], [31]
3.	Стальная переборка типа Н-0 (400)	Rockwool International, Дания	Переборка с $L_{\min} = 4,5$ мм с ребрами жесткости, расположенными на расстоянии $d = 600$ мм, изолированная в два слоя $2 \times 30$ мм со стороны набора минеральной ватой типа SeaRox SL 660 (плотность $\rho = 150$ кг/м <sup>3</sup> , толщина $L = 30$ мм). Изоляция закреплена при помощи стальной проволочной сетки и приварных стальных штифтов. Покрывается алюминиевой фольгой на стеклянной сетке или стеклотканью с $\rho = 200-400$ г/м <sup>2</sup> с клеем типа ЭРVDC Latex	Danish Institute of Fire and Security Technology, Дания	Ч. 3, прил. 1 [26], [31], углеводородная кривая [9]
4.*	Стальная палуба типа Н-120, Н-60, Н-0 (Н-30)	PPG Protective & Marin Coating, Польша	Перекрытия: внутренний слой – двухкомпонентное эпоксидное вспучивающееся покрытие Pitt-Char XP, $L = 4,9-8,0$ мм, армированный стеклотканью или стекловолоконистой сеткой Pitt-Char XP; наружный слой, двухкомпонентное эпоксидное вспучивающееся покрытие Pitt-Char XP. Номинальная $L$ сухой пленки двухслойного покрытия, мм: 8,2 (для Н-0, Н-30); 11,9 (Н-60); 16,3 (Н-120). Покрытие может применяться на подготовленную сталь или с грунтами и финишными покрытиями	Exova Warringtonfire, Великобритания	–
5.*	Переборка типа Н-120, Н-60, Н-0 (Н-30)	PPG Protective & Marine Coatings, Бельгия	Переборка: внутренний слой – двухкомпонентное эпоксидное вспучивающееся покрытие Pitt-Char XP, $L = 4,9-8,0$ мм, армированный стеклотканью или стекловолоконистой сеткой Pitt-Char XP; наружный слой – двухкомпонентное эпоксидное вспучивающееся покрытие Pitt-Char XP. Номинальная $L$ сухой пленки двухслойного покрытия, мм: 7,6 (для Н-0, Н-30); 10,5 (Н-60, без армирования); 14,4 мм (Н-120, без армирования)	Exova Warringtonfire, Великобритания	Ч. 3, прил. 1 [26], [42]
6.*	Стальная переборка Н-60, Н-120	ЗАО НПО «УНИХИМТЕК», РФ	Стальная переборка, изолированная двухкомпонентным эпоксидным конструктивным огнезащитным покрытием «ОГРАКС-СКЭ УВ» по слою антикоррозионного покрытия 60 мкм и сетки углеродной армирующей марки СТА-0-01 с ячейками $15 \times 20$ мм. Общая толщина покрытия $L_{\text{общ}} = 11$ мм. Для переборки типа А-60 $L_{\text{общ}} = 7$ мм. При «ОГРАКС-СКЭ УВ» $L = 50$ мм, $L_{\text{общ}} = 14,5$ мм	ФГБУ ВНИИПО МЧС России	Ч. 3, прил. 1 [26], [42], с учетом соответствия кривой зависимости температуры от времени при углеводородном пожаре
7.*	Стальная палуба типа Н-60	ЗАО НПО «УНИХИМТЕК», РФ	Стальная палуба, изолированная со стороны ребер жесткости двухкомпонентным эпоксидным конструктивным огнезащитным покрытием «ОГРАКС-СКЭ УВ» по слою антикоррозионного покрытия (согласованного с производителем «ОГРАКС-СКЭ УВ») с $L = 60$ мкм и сетки углеродной армирующей марки СТА-0-01 с ячейками $15 \times 20$ мм. $L_{\text{общ}} = 11$ мм	ФГБУ ВНИИПО МЧС России	Ч. 3, прил. 1 [26], [42], с учетом соответствия кривой зависимости температуры от времени при углеводородном пожаре
8.	Стальная палуба типа Н-60, $2 \times 40$ мм	Thermal Ceramics UK Ltd., Великобритания	Лист с $L_{\min} = 4,5$ мм, изолированный со стороны огневого воздействия (нижняя сторона) двумя слоями FireMaster Marine Plus Blanket ( $\rho = 70$ кг/м <sup>3</sup> ) по 40 мм, изоляция покрывает ребра жесткости, повторяя их контур. Номинальная ширина матов 610 мм, должны быть сжаты до 600 мм, чтобы обеспечить сжатие на стыках. Изоляция крепится при помощи стальных шпилек. Для палубы А-60 – два слоя ( $L = 50$ мм каждого) FireMaster Marine Plus Blanket ( $\rho = 48$ кг/м <sup>3</sup> )	Far East Testing Centre, Китай	Ч. 3, прил. 1 [26], [31], с учетом соответствия кривой зависимости температуры от времени данной кривой при углеводородном горении
9.	Стальная гофрированная переборка типа Н-60/Н-120 (огневое воздействие с любой стороны)	Thermal Ceramics UK Ltd., Великобритания	Переборка из гофрированного листа с $L = 2$ мм, изолированного с одной стороны слоем FireMaster Marine Plus Blanket ( $\rho = 70$ кг/м <sup>3</sup> ) с $L = 110$ мм (один слой $L = 50$ мм, другой с $L = 60$ мм), уложенного поверх гофры, и с $L = 150$ мм (три слоя по 50 мм) внутри гофр. Номинальная ширина матов $l = 610$ мм. Изоляция крепится при помощи стальных шпилек. Для переборки А-60 – два слоя FireMaster Marine Plus Blanket ( $\rho = 48$ кг/м <sup>3</sup> ) с $L = 50$ мм каждый, уложенного поверх гофры. Гофры должны быть заполнены FireMaster Marine Plus Blanket	Far East Testing Centre, Китай	Ч. 3, прил. 1 [26], [31], с учетом соответствия кривой зависимости температуры от времени данной кривой при углеводородном горении
10.	Переборка типа Н-60	Parco Polska Sp., Польша	Переборка с $L_{\min} = 4,5$ мм с ребрами жесткости. Изолирована со стороны ребер жесткости в два слоя ( $L = 50$ мм каждый) негорючим материалом типа PAROC Marine Fire Slab, $50 + 50$ , $\rho =$ кг/м <sup>3</sup> . Переборка типа А-60 PAROC Marine Fire Slab 100, $30 + 30$ , алюминиевая переборка с $L_{\min} = 6,0$ мм с ребрами жесткости. Изолирована со стороны ребер жесткости в два слоя (панели: $30 + 30$ мм ребер жесткости) негорючим материалом типа PAROC Marine Wired Mat 100, $\rho = 100$ кг/м <sup>3</sup>	Laboratorio Studi Antincendio of RINA, Италия	Ч. 3, прил. 1 [26], [30, 31, 42]

11.	Палуба типа Н-120	Paroc Oy Ab, Финляндия	Палуба с $L_{min} = 4,5$ мм с ребрами жесткости, изолирована со стороны ребер жесткости в два слоя (60 + 60 мм) негорючим материалом типа PAROC Marine Fire Slab 100, 60 + 60, $\rho = 100$ кг/м <sup>3</sup> . Изоляция закреплена при помощи приварных стальных штырей. Палуба типа А-60 – PAROC Marine Fire Slab 100, 25 + 25, алюминиевая переборка с $L_{min} = 6,0$ мм с ребрами жесткости. Переборка изолирована в два слоя (панели: 25 + 25 мм) негорючим материалом типа PAROC Marine Fire Slab 100, $\rho = 100$ кг/м <sup>3</sup>	Labolatorio Studi Antincendio di RINA, Италия	[31]
12.	Стальная палуба типа Н-120	ООО «МорНефтеГазСтрой», РФ	Лист с $L_{min} = 4$ мм, изолированный со стороны огневого воздействия (нижняя сторона) двумя слоями с $L = 60$ мм каждый Rockwool SeaRox SL 620 ( $\rho = 100$ кг/м <sup>3</sup> ); вдоль ребер жесткости дополнительно установлено два слоя Rockwool SeaRox SL 620 ( $\rho = 100$ кг/м <sup>3</sup> ) с $L = 60$ мм каждый, ширина – не менее 305 мм. Изоляция устанавливается на палубе и крепится при помощи стальной сетки 25 × 25 × 0,6 мм с антикоррозионным покрытием и шпилек	ФГБУ ВНИИПО МЧС России	Ч. 3 [26] с учетом соответствия кривой зависимости температуры от времени данной кривой при углеводородном горении
13.*	Палубы класса Н (Н-0, Н-60, Н-120).	Sherwin-Williams Protective & Marine Coatings, Великобритания	Палубы с $L_{min} = 4,5$ мм, изолированные эпоксидным вспучивающимся покрытием FIRETEX M90/02, наносимым на грунт FIRETEX C69. Для покрытия $L_{min}$ , мм: 6 (для Н-0); 9,9 (Н-60); 14,3 (Н-120). Может использоваться сетка Firetex J220 scrim	Warrington Fire Research Center, Великобритания	Ч. 3, прил. 1 [26], [31]
14.*	Переборки класса Н (Н-0, Н-60, Н-120)	Sherwin-Williams Protective & Marine Coatings, Великобритания	Переборка с $L_{min} = 4,5$ мм, изолированная эпоксидным вспучивающимся покрытием FIRETEX M90/02, наносимым на грунт FIRETEX C69. Для покрытия $L_{min}$ , мм: 6 (для Н-0); 10 (Н-60); 14,4 (Н-120). Для механического подрепления покрытия может использоваться сетка Firetex J220 scrim	Warrington Fire Research Center, Великобритания	Ч. 3, прил. 1 [26], [31]
15.*	Палубы класса Н (Н-0, Н-60, Н-120)	Sherwin-Williams Protective & Marine Coatings, Великобритания	Палубы с $L_{min} = 4,5$ мм, изолированные эпоксидным вспучивающимся покрытием FIRETEX M90, наносимым на грунт FIRETEX C69. Для покрытия $L_{min}$ , мм: 6 (для Н-0); 11,0 (Н-60); 15,4 (Н-120). Может использоваться сетка Firetex J220 scrim. $L_{min} = 11,0$ мм для палубы класса А-60. Может использоваться сетка Firetex J120 scrim или стальная сетка со шпильками	Warrington Fire Research Center, Великобритания	Ч. 3, прил. 1 [26], [31]; ч. 20, прил. D [18]
16.*	Переборки класса Н (Н-0, Н-60, Н-120)	Sherwin-Williams Protective & Marine Coatings, Великобритания	Переборка с $L_{min} = 4,5$ мм, изолированная эпоксидным вспучивающимся покрытием FIRETEX M90, наносимым на грунт FIRETEX C69. Для покрытия $L_{min}$ , мм: 6 (для Н-0); 11,8 (Н-60); 17,2 (Н-120). Может использоваться сетка Firetex J120 scrim или стальная сетка со шпильками. Для переборки класса А-60 $L_{min} = 11,0$ мм	Warrington Fire Research Center, Великобритания	Ч. 3, прил. 1 [26], [31]; ч. 20, прил. D [18]

\* Покрытие является горючим и может использоваться только на наружных поверхностях и в помещениях, где обычно нет людей. Изолированная сторона должна быть всегда со стороны огневого воздействия и с противоположной стороны расположения ребер жесткости.

морских стационарных платформ [33] конструкции типа Н – это конструкции, образованные переборками и палубами, которые должны быть изготовлены так, чтобы предотвратить прохождение через них дыма и пламени в течение 120 мин стандартного испытания огнестойкости. Данные конструкции изолированы негорючими материалами или равноценными огнезащитными составами так, чтобы средняя и максимальная температура на стороне, противоположной огневому воздействию, не повышалась по сравнению с первоначальной температурой более чем на 140 и 180 °С соответственно. Конструкциям присваиваются следующие обозначения: Н-120 – в течение 120 мин; Н-60 – 60 мин; Н-0 – 0 мин. Конструкции испытываются на огнестойкость по методике, изложенной в Резолюции А.754(18) [31], с учетом того, что «кривая температуры в зависимости от времени должна соответствовать кривой температуры от времени при углеводородном горении».

Представленная в [33] методика, напротив, содержит указание только на стандартный температурный режим. Данный режим приводится и в Международном кодексе [26], при этом упоминание о возможных других режимах отсутствует.

В отдельных странах – членах Международной конвенции [27] могут существовать различные отступления от правил проектирования одних и тех же морских стационарных платформ (МСП), а также особенности их интерпретации. Например, в требованиях для береговых и морских платформ [34] дается определение Н-конструкций, как и в [27], но вместо стандартного режима однозначно приводится углеводородный. Документ [34] четко регламентирует требования к Н-конструкциям. Указывается, что интумесцентные покрытия могут применяться для достижения параметра Н, но они должны обладать низкими значениями распространения пламени, дымообразования и тепловыде-

ления, также необходимо провести дополнительную оценку токсичности выделяемых продуктов горения.

#### СРЕДСТВА ОГНЕЗАЩИТЫ

Для судовых конструкций с нормируемой огнестойкостью применяются рассмотренные далее средства огнезащиты.

Требования к конструктивным решениям, применяемым материалам и технологиям при проектировании объектов инфраструктуры морского транспорта, плавучих буровых установок и МСП, причальных комплексов подлежат оценке и подтверждению соответствия требованиям международно-взаимосогласованных морских надзорных классификационных органов. В РФ таким органом является Российский морской регистр судоходства (РМРС), который по Международной конвенции [27] обязан признавать любые зарубежные сертификаты и прочие разрешительные процедуры, как и все другие участники Междуна-

Таблица 2. Технические характеристики по пределам огнестойкости для некоторых видов и марок огнезащитных покрытий в условиях углеводородного температурного режима  
Table 2. Technical characteristics for fire resistance limits for some types and grades of fire-retardant coatings under conditions of a hydrocarbon fire

Наименование	Связующее	Армирование	Срок эксплуатации, лет	R(HC) 45		R(HC) 60		R(HC) 90		R(HC) 120		R(HC) 150		R(HC) 180		R(HC) 240	
				L*	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P
«ОГРАКС-СКЭ»	Эпоксидная смола	+	40	5,0	6,0	5,0	6,0	8,0	9,6	11,5	13,8	15	18	–	–	–	–
Chartek 1709	Эпоксидная смола	+	25	3,76	3,76	5,12	5,12	7,85	7,85	10,57	10,57	13,3	13,3	–	–	–	–
Chartek 7	Эпоксидная смола	+	25	–	–	8,38	8,38	10,16	10,16	15,24	15,24	20,32	20,32	23,93	23,93	31,14	31,14
FIRETEX M90	Эпоксидная смола	+	25	5,61	5,61	7,45	7,45	10,79	10,79	13,66	13,66	16,07	16,07	18,02	18,02	20,54	20,54
FENDOLITE MII	Портландцемент	–	50	17,5	11,3	20,7	13,4	27,0	17,4	33,4	21,5	39,7	25,6	46,0	29,7	58,8	37,9
Pyrocrete 241	Портландцемент	+	35	15,9	11,0	17,4	12,0	23,8	16,4	28,6	19,7	33,3	23	35,0	24,2	39,7	27,4

\* L – толщина слоя огнезащитного покрытия, мм, P – теоретический расход, г/м<sup>2</sup>.

родной конвенции [27] должны признавать документы, выдаваемые РМРС.

Приведены данные (табл. 1) из действующих сертификатов, выданных РМРС в период 2015–2017 гг., для «судовых противопожарных конструкций (палубы и переборки) для плавучих буровых установок и МСП, для образцов, испытанных при углеводородном температурном режиме». Термины и текст табл. 1 представлены в соответствии с данными официального сайта РМРС ([www.rs-class.org](http://www.rs-class.org)) и текстами сертификатов.

Как следует из табл. 1, РМРС в один и тот же период времени руководствуется различными документами и стандартами на испытания для однотипных изделий. Для сравнения по некоторым палубам и переборкам приведены данные для класса А. Так, для импортных материалов Sherwin-Williams разница между расходом средства огнезащиты на классы А-60 и Н-60 практически отсутствует, а для отечественных материалов для А-60 расход меньше на 30 %.

#### НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ НГК ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИЙ

В российских корпорациях ПАО «Газпром», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Транснефть» существуют ведомственные стандарты по антикоррозионной защите конструкций,

но для огнезащитных покрытий и средств огнезащиты документы не разработаны. Это связано с тем, что в отраслевых документах указанных корпораций не представлены нормативные требования к строительным конструкциям с учетом воздействия углеводородного температурного режима. Характеристики предельных состояний, сочетания нагрузок и коэффициента надежности принимаются по СП 20.13330.2016 [35] только в режиме стандартного пожара. Такая же ситуация – в сводах правил и национальных стандартов для всей нефтегазовой отрасли (для объектов производства и потребления сжиженных углеводородных газов, газораспределительных систем, магистральных трубопроводов нефти и нефтепроводов и т. д.).

За рубежом, например во французской нефтегазовой компании Total S.A., существуют внутренние стандарты для средств огнезащиты конструкций. Так, [36] определяет требования при проектировании, выборе и использовании пассивной огнезащиты для береговых сооружений и МСП. Данный документ также устанавливает классификацию пассивных средств огнезащиты для компании. Приводятся общие требования к пассивной огнезащите, типы пассивной огнезащиты на различных материалах (эпоксид-

ные составы, цементосодержащие и т. д.), рассмотрены примеры их применения для различных объектов: резервуаров, нефтепроводов, резервуаров с СПГ, танкеров, палуб и перегородок. Представлены примеры расчета приведенных толщин и рекомендуемые расходы для огнезащитных материалов. Приводятся условия, при которых необходимы дополнительные расчеты риска возникновения аварий и оценка последствий.

Норвежской ассоциацией нефтяной промышленности (OLF) разработан стандарт NORSOK M-501 [37], который также может применяться для морских платформ. Документ содержит перечень методов и значений технических характеристик покрытий для различных типов сооружений МСП и условий эксплуатации. Большинство указанных систем покрытий согласуется с стандартом ISO 20340:2003(E) [38]. Установлено восемь систем, различающихся назначением, подготовкой поверхности, толщиной сухой пленки защитного покрытия и т. д. Для распыляемых систем пассивной огнезащиты используется 5-я система, состоящая из двух подсистем – для эпоксидной огнезащиты и цементосодержащей. Рекомендуются оптимальный расход для огнезащитных композиций.

В табл. 2 представлены данные для средств огнезащиты строительных конструкций, испытанных на огнестойкость при углеводородном температурном режиме (согласно информации официальных сайтов компаний-производителей), а также данные сертификатов UL 1709 [21], доступных в базе данных Underwriters Laboratory [39]. Приведенная толщина колонн для покрытий, сертифицированных в соответствии с требованиями стандарта [21], составляет около 6 мм.

В настоящее время многие производители средств огнезащиты самостоятельно разрабатывают методики для испытания конструкций в условиях углеводородного температурного режима. В частности, такую методику разрабатывают в Научно-исследовательском институте перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности (Санкт-Петербург, РФ), где проводится научно-исследовательская работа на тему «Разработка методики проведения испытаний тонкослойных огнезащитных составов для металлических конструкций при углеводородном температурном режиме, в том числе применяемых в арктической зоне». Испытательное оборудование выполнено в соответствующей инсталляции для проведения испытаний конструкций при углеводородном температурном режиме.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам анализа требований к пределам огнестойкости судовых и наземных строительных конструкций к воздействию углеводородного температурного режима можно утверждать, что однозначные требования присутствуют только для конструкций буровых платформ и морских установок. При этом существуют разногласия в регламентирующих документах, устанавливающих соответствующую методику испытаний.

За рубежом (Франция, Норвегия) применение средств огнезащиты в условиях углеводородного температурного режима регламентируется отделами расчета рисков крупных иностранных нефтегазовых и страховых компаний и их собственными отраслевыми стандартами.

ГОСТ Р ЕН 1363-2 [9] не содержит описания методики проведения испытаний (например, расстановка и тип термопар и т. д.), не гармонизирован с основополагающими стандартами, устанавливающими общую методологию в области огнестойкости, в связи с чем потребуются изменения с учетом международной практики.

Широко применяемый для эпоксидных средств огнезащиты американский стандарт UL 1709 [21] регламентирует дополнительное проведение климатических испытаний и содержит два типа испытаний: крупномасштабное и испытания на стержнях размерами 610 × 152 × 152 мм с толщиной стенки 4,8 мм. Европейский

стандарт [9] не приводит четкие указания на размер образцов и климатические испытания.

На объектах нефтегазовой отрасли в России, проектируемых по специальным техническим условиям, и объектах морской инфраструктуры применяют импортные средства огнезащиты, не сертифицированные в РФ с учетом испытаний по углеводородному температурному режиму, но испытанные по различным международным стандартам. Даже при отсутствии требований и норм в РФ для пределов огнестойкости конструкций в условиях углеводородного пожара российские производители в добровольном порядке проводят испытания выпускаемых средств огнезащиты согласно методикам, приводимым в различных иностранных нормативных документах. Такой сертификат является дополнительным конкурентным преимуществом, достаточно затратным для производителя и применяемым только для определенного объекта защиты.

Таким образом, необходимо разработать отечественную нормативную базу с четким регламентированием российских методик испытаний конструкций в условиях углеводородного температурного режима [40, 41], поскольку сейчас нормирование пределов огнестойкости для углеводородного температурного режима отсутствует, процесс испытаний проходит бессистемно и приводит к дополнительным затратам производителей средств огнезащиты. ■

## ЛИТЕРАТУРА

1. Gravit M., Gumerova E., Bardin A., Lukinov V. Increase of Fire Resistance Limits of Building Structures of Oil-and-Gas Complex Under Hydrocarbon Fire // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Vol. 692. P. 818–829.
2. Яковлев В.В. Нефть. Газ. Последствия аварийных ситуаций. СПб.: СПбГПУ, 2003. 420 с.
3. Мордвинова А.В., Гордиенко Д.М., Шебеко Ю.Н. и др. Методы управления пожарным риском морских стационарных нефтегазодобывающих платформ // Газовая промышленность. 2014. № S712. С. 30–34.
4. Мустафин Ф.М., Быков Л.И., Мохов В.Н. и др. Строительные конструкции нефтегазовых объектов. СПб.: ООО «Недра», 2008. 780 с.
5. Голованов В.И. Прогнозирование огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой. Дис. д.т.н. М., 2008. 337 с.
6. Nolan D.P. Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities. Westwood: Noyes Publications, 1996. 305 p.
7. Fireproofing for Hydrocarbon Fire Exposures // GAPS Guidelines. Publication of Global Asset Protection Services LLC. 2000 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.appliedbuildingtech.com/system/files/gap2.5.1.fireproofingforhydrocarbonexposures.pdf> (дата обращения: 03.05.2018).
8. ISO 834-1:1999. Fire-Resistance Tests. Elements of Building Construction. Part 1: General Requirements [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/2576.html> (дата обращения: 03.05.2018).
9. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014. Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200113419> (дата обращения: 03.05.2018).



10. EN 1363-1. Fire Resistance Tests. Part 1. General Requirements [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.scribd.com/document/347291252/En-1363-1-General-Requirements> (дата обращения: 03.05.2018).
11. ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75). Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9055248> (дата обращения: 03.05.2018).
12. Гравит М.В. Гармонизация российских и европейских нормативных документов, регламентирующих методы испытаний на огнестойкость строительных конструкций с использованием средств огнезащиты // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 5. С. 38–46.
13. Хасанов И.Р., Гравит М.В., Косачев А.А. и др. Гармонизация европейских и российских нормативных документов, устанавливающих общие требования к методам испытаний на огнестойкость строительных конструкций и применению температурных режимов, учитывающих реальные условия пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 3. С. 49–57.
14. ГОСТ Р 54081–2010 (МЭК 60721-2-8:1994). Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика. Пожар [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200087210> (дата обращения: 03.05.2018).
15. ГОСТ Р 53295–2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности (с Изменением № 1) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200071913> (дата обращения: 03.05.2018).
16. ISO 13702:2015. Petroleum and Natural Gas Industries. Control and Mitigation of Fires and Explosions on Offshore Production Installations. Requirements and Guidelines [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/57416.html> (дата обращения: 03.05.2018).
17. DIN 4102-2-1977. Fire Behaviour of Building Materials and Building Components. Building Components. Definitions. Requirements and Tests [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nd.gostinfo.ru/document/6251866.aspx> (дата обращения: 03.05.2018).
18. BS 476-20:1987. Fire Tests on Building Materials and Structures. Method for Determination of the Fire Resistance of Elements of Construction (General Principles) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nd.gostinfo.ru/document/6406145.aspx> (дата обращения: 03.05.2018).
19. ISO 22899-1:2007. Determination of the Resistance to Jet Fires of Passive Fire Protection Materials. Part 1. General Requirements [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/39750.html> (дата обращения: 03.05.2018).
20. ISO/TR 22899-2:2013. Determination of the Resistance to Jet Fires of Passive Fire Protection. Part 2. Guidance on Classification and Implementation Methods [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iso.org/ru/standard/56733.html> (дата обращения: 03.05.2018).
21. UL 1709. Rapid Rise Fire Tests of Protection Materials for Structural Steel [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nd.gostinfo.ru/print.aspx?control=27&id=4546871&print=yes> (дата обращения: 03.05.2018).
22. ASTM E119. Fire Tests of Building Construction and Materials [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nationalfiber.com/docs/Omega%20Point%20Lab%20Fire%20Blocking%20Test.pdf> (дата обращения: 03.05.2018).
23. ASTM E 1529-14A. Standard Test Methods for Determining Effects of Large Hydrocarbon Pool Fires on Structural Members and Assemblies [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/E1529-14A.htm> (дата обращения: 03.05.2018).
24. NFPA 290. Standard for Fire Testing of Passive Protection Materials for Use on LP-Gas Containers [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=290> (дата обращения: 03.05.2018).
25. Международный кодекс по системам пожарной безопасности (с изменениями на 1 января 2016 г.) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499032093> (дата обращения: 03.05.2018).
26. Международный кодекс 2010 года по применению процедур испытания на огнестойкость (Кодекс ПИО 2010) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420373565> (дата обращения: 03.05.2018).
27. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 г. Текст, измененный Протоколом 1988 г. к ней, с поправками (СОЛАС-74) (с изменениями на 1 января 2016 г.) (Редакция, действующая с 1 января 2017 г.) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901765675> (дата обращения: 03.05.2018).
28. Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих опасные химические грузы наливом [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499003305> (дата обращения: 03.05.2018).
29. Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом (Кодекс МКГ) (с изменениями на 1 января 2016 г.) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499003330> (дата обращения: 03.05.2018).
30. Постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. № 620 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов морского транспорта» (с изменениями на 29 июля 2017 г.) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902230358> (дата обращения: 03.05.2018).
31. Рекомендация по испытаниям на огнестойкость перекрытий классов А, В и F. Резолюция А.754(18) принята 4 ноября 1993 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rise.odessa.ua/texts/A754\\_18.php3](http://www.rise.odessa.ua/texts/A754_18.php3) (дата обращения: 03.05.2018).
32. Правила классификации и постройки морских судов. Ч. IV. Противопожарная защита. СПб., 2016 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087\\_6.pdf](http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087_6.pdf) (дата обращения: 03.05.2018).
33. НД 2-020201-013. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293766/4293766439.htm> (дата обращения: 03.05.2018).
34. Rules for Building and Cladding Facilities on Offshore Installations. Houston: American Bureau of Shipping, 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/archives/offshore/63\\_facilitiesonoffshoreinstallations\\_2014/fac\\_rules\\_e-feb14.pdf](https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/archives/offshore/63_facilitiesonoffshoreinstallations_2014/fac_rules_e-feb14.pdf) (дата обращения: 03.05.2018).
35. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456044318> (дата обращения: 03.05.2018).
36. General Specification. Safety. GS EP SAF 337. Passive Fire Protection: Basis of Design [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.pogc.ir/portals/10/imeni/doc/GS\\_EP\\_SAF\\_337\\_EN.pdf](http://www.pogc.ir/portals/10/imeni/doc/GS_EP_SAF_337_EN.pdf) (дата обращения: 03.05.2018).
37. NORSOK M501 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.standard.no/Global/PDF/Petroleum/Norsok M-501 ed 6 Clarification log 2015 rev 1\\_finished.pdf](http://www.standard.no/Global/PDF/Petroleum/Norsok M-501 ed 6 Clarification log 2015 rev 1_finished.pdf) (дата обращения: 03.05.2018).
38. ISO 20340:2003(E). Лакокрасочные покрытия – технические требования к системе защитных лакокрасочных покрытий для морских и аналогичных им конструкций [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vilana.ru/admin/upload/user/технологу/ISO/ISO 20340-2003 Требования к рабочим характеристикам защитных окрашивающих систем для морских и аналогичных сооружений..pdf> (дата обращения: 03.05.2018).
39. Online Certifications Directory [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.html?ga=2.154590717.417029873.1502435981-973715613.1499071474> (дата обращения: 03.05.2018).
40. Экспертная оценка. Игорь Абрамов о рынке огнезащиты // Безопасность зданий и сооружений. 2017. № 1. С. 212–216.
41. Современные технологии противопожарной защиты на страже объектов ОАО «Газпром» (интервью с Р.М. Тагиевым) // Газовая промышленность. 2014. № 5712. С. 70–73.
42. Одобрение Международного кодекса по применению методик испытаний на огнестойкость 2010 г. (Кодекс МИО 2010 г.). Резолюция MSC.307(88) принята 3 декабря 2010 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rise.odessa.ua/texts/MS307\\_88.php3](http://www.rise.odessa.ua/texts/MS307_88.php3) (дата обращения: 03.05.2018).

## REFERENCES

1. Gravit M., Gumerova E., Bardin A., Lukinov V. Increase of Fire Resistance Limits of Building Structures of Oil-and-Gas Complex Under Hydrocarbon Fire. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2017, Vol. 692, P. 818–829.
2. Yakovlev V.V. Oil. Gas. Consequences of Emergency Situations. Saint Petersburg, Saint Petersburg State Polytechnical University, 2003, 420 p. (In Russian)
3. Mordvinova A.V., Gordienko D.M., Shebeko Yu.N., et al. Methods for Managing Fire Risk of Offshore Stationary Oil and Gas Production Platforms. Gazovaya promyshlennost' = Gas Industry, 2014, No. 5712, P. 30–34. (In Russian)

4. Mustafin F.M., Bykov L.I., Mokhov V.N., et al. Building Structures of Oil and Gas Facilities. Saint Petersburg, Nedra LLC, 2008, 780 p. (In Russian)
5. Golovanov V.I. Forecasting Fire Resistance of Steel Structures with Fire Protection. Doc. Sci. (Eng.) Dissertation. Moscow, 2008, 337 p. (In Russian)
6. Nolan D.P. Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities. Westwood, Noyes Publications, 1996, 305 p.
7. Fireproofing for Hydrocarbon Fire Exposures. GAPS Guidelines. Publication of Global Asset Protection Services LLC, 2000 [Electronic source]. Access mode: <https://www.appliedbuildingtech.com/system/files/gap2.5.1.fireproofingforhydrocarbonexposures.pdf> (access date: May 3, 2018).
8. ISO 834-1:1999. Fire-Resistance Tests. Elements of Building Construction. Part 1: General Requirements [Electronic source]. Access mode: <https://www.iso.org/standard/2576.html> (access date: May 3, 2018).
9. State Standard GOST R EN 1363-2-2014. Building Constructions. Fire Resistance Tests. Part 2. Alternative and Additional Procedures [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200113419> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
10. EN 1363-1. Fire Resistance Tests. Part 1. General Requirements [Electronic source]. Access mode: <https://www.scribd.com/document/347291252/En-1363-1-General-Requirements> (access date: May 3, 2018).
11. State Standard GOST 30247.0-94 (ISO 834-75). Elements of Building Constructions. Fire-Resistance Test Methods. General Requirements [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/9055248> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
12. Gravit M.V. Harmonization of Russian and European Regulatory Documents Establishing the Methods of Fire Tests of Building Structures with the Use of Fire Protection. Pozharovzryvobezopasnost = Fire and Explosion Safety, 2014, Vol. 23, No. 5, P. 38-46. (In Russian)
13. Khasanov I.R., Gravit M.V., Kosachev A.A., et al. Harmonization of European and Russian Regulatory Documents Establishing General Requirements for Fire-Resistance Test Methods of Building Constructions and the Use of Temperature Curves That Take into Account Real Fire Conditions. Pozharovzryvobezopasnost = Fire and Explosion Safety, 2014, Vol. 23, No. 3, P. 49-57. (In Russian)
14. State Standard GOST R 54081-2010 (MEK 60721-2-8:1994). Influence of Environmental Conditions Appearing in Nature on the Technical Products. Overall Performance. Fire [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200087210> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
15. State Standard GOST R 53295-2009. Fire Retardant Compositions for Steel Constructions. General Requirement. Method for Determining Fire Retardant Efficiency (with Amendment No. 1) [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200071913> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
16. ISO 13702:2015. Petroleum and Natural Gas Industries. Control and Mitigation of Fires and Explosions on Offshore Production Installations. Requirements and Guidelines [Electronic source]. Access mode: <https://www.iso.org/standard/57416.html> (access date: May 3, 2018).
17. DIN 4102-2-1977. Fire Behaviour of Building Materials and Building Components. Building Components. Definitions. Requirements and Tests [Electronic source]. Access mode: <http://nd.gostinfo.ru/document/6251866.aspx> (access date: May 3, 2018).
18. BS 476-20:1987. Fire Tests on Building Materials and Structures. Method for Determination of the Fire Resistance of Elements of Construction (General Principles) [Electronic source]. Access mode: <http://nd.gostinfo.ru/document/6406145.aspx> (access date: May 3, 2018).
19. ISO 22899-1:2007. Determination of the Resistance to Jet Fires of Passive Fire Protection Materials. Part 1. General Requirements [Electronic source]. Access mode: <https://www.iso.org/standard/39750.html> (access date: May 3, 2018).
20. ISO/TR 22899-2:2013. Determination of the Resistance to Jet Fires of Passive Fire Protection. Part 2. Guidance on Classification and Implementation Methods [Electronic source]. Access mode: <https://www.iso.org/ru/standard/56733.html> (access date: May 3, 2018).
21. UL 1709. Rapid Rise Fire Tests of Protection Materials for Structural Steel [Electronic source]. Access mode: <http://nd.gostinfo.ru/print.aspx?control=27&id=4546871&print=yes> (access date: May 3, 2018).
22. ASTM E119. Fire Tests of Building Construction and Materials [Electronic source]. Access mode: <http://www.nationalfiber.com/docs/Omega%20Point%20Lab%20Fire%20Blocking%20Test.pdf> (access date: May 3, 2018).
23. ASTM E 1529-14A. Standard Test Methods for Determining Effects of Large Hydrocarbon Pool Fires on Structural Members and Assemblies [Electronic source]. Access mode: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/E1529-14A.htm> (access date: May 3, 2018).
24. NFPA 290. Standard for Fire Testing of Passive Protection Materials for Use on LP-Gas Containers [Electronic source]. Access mode: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=290> (access date: May 3, 2018).
25. International Code for Fire Safety Systems (as Amended on January 1, 2016) [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/499032093> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
26. International Code of 2010 on the Application of Fire Test Procedures [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/420373565> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
27. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. Text Amended by the 1988 Protocol, as Amended (SOLAS-74) (as Amended on 1 January, 2016) (Revision Effective from 1 January, 2017) [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/901765675> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
28. International Code for the Construction and Outfitting of Ships Carrying Dangerous Chemicals Filling [Electronic resource]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/499003305> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
29. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases Filling (as Amended on January 1, 2016) [Electronic resource]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/499003330> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
30. RF Government Regulation of August 12, 2010, No. 620 "On Approval of Technical Regulations on the Safety of Maritime Transport Objects" (as Amended on July 29, 2017) [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/902230358> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
31. Recommendation for Fire Resistance Tests for Floors of the A, B and F Classes. Resolution A.754 (18) was adopted on November 4, 1993. [Electronic source]. Access mode: [http://www.rise.odessa.ua/texts/A754\\_18.php5](http://www.rise.odessa.ua/texts/A754_18.php5) (access date: May 3, 2018). (In Russian)
32. Rules for the Classification and Construction of Marine Vessels. Part IV. Fire Protection. Saint Petersburg, 2016 [Electronic source]. Access mode: [http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087\\_6.pdf](http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087_6.pdf) (access date: May 3, 2018). (In Russian)
33. Regulatory Document ND 2-020201-013. Rules for the Classification, Construction and Equipment of Floating Drilling Rigs and Offshore Fixed Platforms [Electronic source]. Access mode: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293766/4293766439.htm> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
34. Rules for Building and Classing Facilities on Offshore Installations. Houston: American Bureau of Shipping, 2014 [Electronic source]. Access mode: [https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/archives/offshore/63\\_facilitiesonoffshoreinstallations\\_2014/fac\\_rules\\_e-feb14.pdf](https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/archives/offshore/63_facilitiesonoffshoreinstallations_2014/fac_rules_e-feb14.pdf) (access date: May 3, 2018)
35. Code Specification SP 20.13330.2016. Loads and Actions [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/456044318> (access date: May 3, 2018). (In Russian)
36. General Specification. Safety. GS EP SAF 337. Passive Fire Protection: Basis of Design [Electronic source]. Access mode: [http://www.pogc.ir/portals/10/imeni/doc/GS\\_EP\\_SAF\\_337\\_EN.pdf](http://www.pogc.ir/portals/10/imeni/doc/GS_EP_SAF_337_EN.pdf) (access date: May 3, 2018).
37. NORSOK M501 [Electronic source]. Access mode: [http://www.standard.no/Global/PDF/Petroleum/Norsok M-501 ed 6 Clarification log 2015 rev 1\\_finished.pdf](http://www.standard.no/Global/PDF/Petroleum/Norsok M-501 ed 6 Clarification log 2015 rev 1_finished.pdf) (access date: May 3, 2018).
38. ISO 20340:2003(E). Paints and Varnishes – Performance Requirements for Protective Paint Systems for Offshore and Related Structures [Electronic source]. Access mode: [http://www.vilana.ru/admin/upload/user/технология/ISO/ISO\\_20340-2003\\_Требования\\_к\\_рабочим\\_характеристикам\\_защитных\\_окрашивающих\\_систем\\_для\\_морских\\_и\\_аналогичных\\_сооружений.pdf](http://www.vilana.ru/admin/upload/user/технология/ISO/ISO_20340-2003_Требования_к_рабочим_характеристикам_защитных_окрашивающих_систем_для_морских_и_аналогичных_сооружений.pdf) (access date: May 3, 2018). (In Russian)
39. Online Certifications Directory [Electronic source]. Access mode: [http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.html?\\_ga=2.154590717.417029873.1502435981-973715613.1499071474](http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.html?_ga=2.154590717.417029873.1502435981-973715613.1499071474) (access date: May 3, 2018).
40. Expert Review. Igor Abramov on Fire Protection Market. Bezopasnost zdaniy i sooruzheniy = Security & Safety of Buildings and Constructions, 2017, No. 1, P. 212-2016. (In Russian)
41. Modern Technologies of Fire Protection on Guard Objects of Gazprom OJSC (Interview with R.M. Tagiev). Gazovaya promyshlennost' = Gas Industry, 2014, No. S712, P. 70-73. (In Russian)
42. Approval of the International Code of 2010 on the Application of Fire Test Procedures. Resolution MSC.307 (88) was Adopted on December 3, 2010 [Electronic source]. Access mode: [http://www.rise.odessa.ua/texts/MSC307\\_88.php3](http://www.rise.odessa.ua/texts/MSC307_88.php3) (access date: May 3, 2018). (In Russian)