

Маценко С. В., Ремнёв А. П.

## РАСЧЁТ ДОСТАТОЧНОГО СОСТАВА СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ РАЗЛИТОЙ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ

В статье приводятся основные положения впервые разработанного авторами алгоритма расчёта количества сил и средств, необходимых и достаточных для тушения нефти и нефтепродуктов, воспламенившихся после возникновения аварийного разлива. В результате расчёта определяется количественный состав специализированных судов для тушения пожара, а также требования к качественному составу противопожарных средств: минимальная производительность судовых систем пожаротушения, количество и типы пожарных стволов, пенообразователя, наличия на борту систем порошкового тушения и др. Кроме специализированных судов, к тушению пожаров могут привлекаться вспомогательные и приспособленные суда портового флота, что позволяет оперативно ликвидировать возгорания при разливах нефти и нефтепродуктов в морских портах.

*Ключевые слова:* судовые средства пожаротушения, пенотушение, пенообразователь, пенные стволы, судовая система пожаротушения, тушение распылённой водой, тушение компактными струями, порошковое тушение, суда аварийного реагирования, суда технического обеспечения.

### МЕТОДЫ ТУШЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВОДЕ

В соответствии с п. 2 постановления Правительства РФ от 14 ноября 2014 г. № 1189 «Об организации предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на континентальном шельфе РФ, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилегающей зоне РФ», работы по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов (ЛРН) на морских акваториях отнесены к категории аварийно-спасательных работ. Для определения состава и количества сил и средств, необходимых для выполнения работ по ЛРН, разработаны алгоритмы, определяющие порядок расчёта и подбора типа основных категорий оборудования по ЛРН: боновых заграждений, нефтесборных систем, сорбентных материалов, судов и транспортных средств, оборудования для защиты и очистки береговой полосы.

При возникновении разливов нефти и нефтепродуктов, относящихся к категории легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), высока вероятность их возгорания и растекания в горящем состоянии по поверхности воды. В этом случае основной задачей аварийно-спасательных формирований (АСФ), привлекаемых к операции по ЛРН, перед проведением мероприятий по локализации и ликвидации разлива будет являться предварительное тушение горячей нефти.

Для локализации горячей нефти могут применяться огнестойкие боновые заграждения специальной конструкции (рисунки), при этом тушение организуется с помощью судовых средств

пожаротушения, имеющихся на судах привлекаемого к операции по ЛРН флота.

При выборе приёмов и способов тушения разлива нефти и нефтепродуктов необходимо учитывать некоторые факторы:

- площадь горения;
- интенсивность горения и высоту пламени;
- направление ветра, погодные условия и возможность маневрирования;
- технические возможности систем и средств пожаротушения транспортных и спасательных судов.

Горящую на воде нефть, а также нефтепродукты тушат следующими способами:

- перемешиванием нефти и нефтепродуктов с водой до образования негорючей эмульсии компактными струями воды;



Огнестойкие боновые заграждения

- покрыванием горячей плёнки слоем воздушно-механической пены низкой и средней кратности;
- подачей в очаг горения огнетушащего порошка;
- подачей в очаг горения распылённой воды;
- перемешиванием нефти и нефтепродуктов с водой до образования негорючей эмульсии спасательными судами;
- дотушивание порошком отдельных очагов горения с основным тушением пеной;
- тушение порошком небольших очагов горения, затем подача пены для предотвращения повторного воспламенения.

Водо- и пенотушение выполняется с помощью переносных, стационарных лафетных стволов, а также при использовании ручных водяных стволов. Порошковое тушение осуществляется при использовании стационарных лафетных стволов. Пену подают на край горячей поверхности, не пропуская непотушенных участков. Огнетушащий порошок подают из лафетного ствола в пламя или поверх пламени таким образом, чтобы порошок в виде облака в пламени захлопывал его и оседал на горящую поверхность. Когда горящая нефть находится на территории акватории, допускающей маневрирование спасательных судов, пожар может тушиться несколькими способами (согласно руководству [6]) путём разделения горящего пятна на ряд участков. Горящая на воде нефть на ограниченных площадях и в стеснённых для маневрирования местах (между судами, под причалами, рядом с судном) тушат подачей в очаг горения огнетушащего порошка и покрытием поверхности горения воздушно-механической пеной, начиная от границ растекания нефти.

#### ПОРЯДОК РАСЧЁТА ДОСТАТОЧНОСТИ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

**В** режиме чрезвычайной ситуации в зону проведения аварийно-спасательной операции допускается только специально обученный и аттестованный в установленном порядке персонал, использующий специализированное оборудование и средства борьбы с разливами. Данное оборудование, а также применяемые персоналом АСФ транспортные средства и плавсредства должны иметь взрывопожарозащищённое исполнение, исключающее образование искр и других источников открытого пламени в зоне ЧС. Для связи в зоне ЧС используются исключительно средства во взрывопожарозащитном исполнении. Применение других средств и оборудования, а также нахождение в зоне ЧС посторонних судов, объектов и людей категорически запрещено.

Возгорание разлитой нефти возможно только в начальный период развития аварийной ситуации до того момента, пока ситуация не перешла в управляемый режим, до прибытия сил и средств АСФ к месту аварии. Именно начальный период развития аварии характеризуется наличием факторов неопределённости и повышенным риском возникновения возгорания от аварийного объекта. Возгорание может быть также следствием взрыва.

В рамках расчётов принято, что возгорание разлитой нефти или нефтепродуктов происходит непосредственно в момент возникновения наиболее неблагоприятной чрезвычайной ситуации. Площадь горения определяется площадью пятна нефти на момент подхода сил и средств постоянной готовности, привлекаемых к тушению возгорания. Расчёт сил и средств для тушения возгорания производится на основании определения количества средств пожаротушения, необходимых для ликвидации горящего пятна указанной площади, а также персонала (спасателей), необходимого для разворачивания и применения данных средств.

При попадании горячей нефти на поверхность воды пятно начинает растекаться. К ликвидации пожара (возгорания) имеющимися на объекте противопожарными средствами приступают немедленно. Время прибытия специализированных судов для тушения горячей на воде нефти  $\tau_{CAP}$  принимается равным 2–3 мин, но не более 5 мин с момента возгорания.

Для упрощения расчётов следует принять, что площадь горящего пятна к моменту прибытия специализированных судов будет соответствовать площади пятна при свободном растекании (без горения). Уменьшением количества нефти на воде за счёт выгорания можно пренебречь, и, учитывая рекомендации [1, 2], после возможно рассчитать площадь нефтяного пятна –  $F = f(\tau_{CAP})$ , м<sup>2</sup>, основываясь на характеристиках нефтяных полей.

Полученная площадь горения  $F$  может быть обработана любыми из доступных средств пожаротушения, применяемых для тушения горячей нефти и нефтепродуктов (пенотушение, водотушение, порошковое тушение) при обязательном выполнении условия (1):

$$F \leq F_{\text{ПНТ}} + F_{\text{ВДТ}} + F_{\text{ПРТ}}, \quad (1)$$

где  $F_{\text{ПНТ}}$  – площадь горения, которую можно потушить системами пенотушения, м<sup>2</sup>;  $F_{\text{ВДТ}}$  – площадь горения, которую можно потушить системами водотушения, м<sup>2</sup>;  $F_{\text{ПРТ}}$  – площадь горения, которую можно потушить системами порошкового тушения, м<sup>2</sup>.

При этом в рамках разрабатываемых методических рекомендаций по определению достаточного состава сил и средств для ЛРН на морских

акваториях в качестве основной рассматривается система пенотушения, а водяные противопожарные системы и системы порошкового пожаротушения – как вспомогательные.

### РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ПЕНОТУШЕНИЯ

Требуемый расход раствора пенообразователя, м<sup>3</sup>/ч, для тушения пожара на площади горения  $F_{\text{пнт}}$  определяется по формуле

$$Q_{\text{T}} = I_{\text{пнт}} F_{\text{пнт}},$$

где  $I_{\text{пнт}}$  – интенсивность подачи раствора пенообразователя, м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>), является справочной величиной [3], зависит от горящего материала и марки пенообразователя (ПО) (табл. 1).

Интенсивность подачи раствора ПО при тушении горящей нефти и нефтепродуктов на поверхности моря в технической литературе не нормируется. Рекомендуется принимать интенсивность подачи раствора ПО равной наименьшему значению для соответствующих пенообразователей, указанных в таблице 1.

Расчётный запас ПО (на всех привлекаемых судах), необходимый для тушения пожара на площади  $F_{\text{пнт}}$ , вычисляется по формуле

$$V_{\text{по}} = \frac{Q_{\text{T}} \tau_{\text{пнт}} n_{\text{k}}}{60},$$

где  $V_{\text{по}}$  – запас ПО, м<sup>3</sup>;  $\tau_{\text{пнт}}$  – расчётное время тушения, равное 15 мин, устанавливается согласно требованиям [3];  $n_{\text{k}}$  – коэффициент кратности раствора ПО, равный 0,03–0,06 (концентрация раст-

вора ПО определяется из фактических характеристик существующей судовой системы и марки ПО).

Время  $\tau_{\text{пнт}} = 15$  мин необходимо принимать в качестве расчётного времени тушения для тушения нефти и нефтепродуктов воздушно-механической пеной (согласно нормативному документу [10]). Нормативный запас ПО следует принимать из условия обеспечения трёхкратного расхода раствора ПО на один пожар [3]. При этом обеспечивается также выполнение требований п. 6.6.9.4 документа [12], в соответствии с которым запас ПО рассчитывается исходя из времени работы одного лафетного ствола в течение 30 мин (не менее).

Количество пенных стволов, необходимых для тушения площади  $F_{\text{пнт}}$ , определяется по формуле

$$N_{\text{пнт}} = \frac{Q_{\text{T}}}{q_{\text{экр}}} = \sum_{i=1}^k \left( \frac{Q_{\text{Ti}}}{q_i} \right),$$

где  $Q_{\text{T}}$  – расход раствора ПО во время тушения пожара всеми стволами всех типов, м<sup>3</sup>/ч;  $q_{\text{экр}}$  – расход раствора ПО через условный ствол, эквивалентный среднему, м<sup>3</sup>/ч;  $Q_{\text{Ti}}$  – расход раствора ПО во время тушения пожара всеми стволами  $i$ -го типа;  $q_i$  – расход раствора ПО через ствол  $i$ -го типа (производительность ствола), м<sup>3</sup>/ч;  $k$  – количество типов пенных стволов.

Полученное общее количество пенных стволов, которое должно быть обеспечено в зоне возгорания и тушения площади  $F_{\text{пнт}}$  округляется до ближайшего большего целого числа и распределяется между судами, участвующими в проведении операции по ЛРН согласно расчётам сил и средств. Привлечение дополнительных судов для тушения пожара требуется в следующих случаях:

– при невозможности размещения на судах, привлекаемых для проведения операций по ЛРН, необходимого количества пожарных стволов  $N_{\text{пнт}}$ ;

Таблица 1

Пенообразователи, применяемые для тушения пожаров

Марка, наименование пенообразователя	Основное назначение	Интенсивность подачи раствора	
		л/(с·м <sup>2</sup> )	м <sup>3</sup> /(ч·м <sup>2</sup> )
ПО-1	Тушение пожаров твёрдых горючих веществ, ЛВЖ и горючих жидкостей, кроме полярных (спирт, эфир, ацетон и др.)	0,05–0,08	0,180–0,288
ПО-1Д	То же. Пригоден для получения воздушно-механической пены низкой, средней и высокой кратности	0,05–0,08	0,180–0,288
«Сампо»	Обладает повышенными огнетушащими свойствами. Эффективен при тушении ЛВЖ, растворителей, а также волокнистых и твёрдых горючих веществ	0,04–0,05	0,144–0,180
«Морозко» (морозоустойчивый)	Тушение нефтепродуктов и твёрдых горючих веществ в районах Крайнего Севера. Температура замерзания –40 °С	0,03–0,04	0,108–0,144
«Морпен» (ПО-ОС)	Применяется в смеси с морской водой. Эффективен при тушении твёрдых и жидких горючих веществ, кроме полярных жидкостей	0,05–0,08	0,180–0,288

– при невозможности противопожарных систем судов, привлекаемых для операции по ЛРН, обеспечить общий расход раствора ПО на тушение пожара  $Q_T$ ;

– при невозможности размещения на судах, привлекаемых для проведения операций по ЛРН, требуемого для пожаротушения количества пенообразователя МПО;

– при несоответствии знака оснащённости в символе класса судов, привлекаемых для проведения операции по ЛРН (табл. 2).

Если расчёт ведётся на основе данных судов, фактически имеющихся на объекте или в АСФ, принимается количество пенных стволов, реально размещённых на судне. При расчёте количества сил и средств, необходимых и достаточных для проведения пожаротушения, характеристики которых заранее неизвестны (например при проектировании новых объектов или создании новых АСС/АСФ), в качестве судов-прототипов используются рекомендованные типы специализированных судов, судов портового флота, маломерные суда (такой же подход осуществляется и при расчёте характеристик системы водотушения при тушении компактными и распылёнными струями).

Далее выполняется проверка технических возможностей каждого из привлекаемых к тушению пожара судов обеспечивать решение возлагаемых на него оперативных задач (данное условие является обязательным во всех случаях). По следующей формуле можно определить площадь тушения, обеспечиваемую каждым судном всеми имеющимися лафетными стволами:

$$F_{\text{пнт}j} = \frac{\sum_{a=1}^m q_{\text{по}a}}{I_{\text{пнт}}},$$

где  $q_{\text{по}a}$  – расход раствора ПО через  $a$ -й ствол (производительность ствола) на  $j$ -м судне, м<sup>3</sup>/ч;  $m$  – количество пенных стволов на  $j$ -м судне.

Таблица 2

Требования по знакам оснащённости в символе класса

Уровни разлива	Требуемый знак оснащённости средствами борьбы с пожаром на других судах в символе класса					
	Без знака	FF3WS	FF2WS	FF2	FF1WS	FF1
Объектовый (локальный)	+	+	+	+	+	+
Объектовый (портовый)	+	+	+	+	+	+
Региональный	–	+	+	+	+	+
Межрегиональный	–	–	+	+	+	+
Федеральный	–	–	–	–	+	+

Количество ПО для максимальной площади тушения каждым судном всеми имеющимися лафетными стволами рассчитывается по математическому выражению:

$$V_{\text{по}j} = \frac{\sum_{a=1}^m q_{\text{по}a} t_{\text{пнт}} n_k}{60} = \frac{F_{\text{пнт}j} I_{\text{пнт}} t_{\text{пнт}} n_k}{60},$$

где  $V_{\text{по}j}$  – количество ПО, необходимое для размещения на  $j$ -м судне, м<sup>3</sup>.

На каждом судне должно обеспечиваться размещение и долговременное хранение рассчитанного количества ПО. Количество раствора, который можно получить из запаса ПО на  $j$ -м судне, определяется по следующему выражению:

$$V_{p-p}^j = \frac{V_{\text{по}j}}{n_k}.$$

Общее максимальное время работы системы пенотушения на  $j$ -м судне рассчитывается по формуле

$$t_j = 60 \frac{V_{p-p}^j}{Q_j},$$

где  $t_j$  – время работы, мин;  $Q_j$  – производительность системы пенотушения на  $j$ -м судне, м<sup>3</sup>/ч.

Количество низкократной пены, вырабатываемое лафетными стволами на  $j$ -м судне можно определить следующим образом:

$$V_{\text{лс}j} = V_{p-p}^j \left( K_{\text{лс}} \frac{n_{\text{лс}}}{n_{\text{лс}} + n_{\text{рс}}} + K_{\text{рс}} \frac{n_{\text{рс}}}{n_{\text{лс}} + n_{\text{рс}}} \right),$$

где  $V_{\text{лс}j}$  – объём пены, м<sup>3</sup>;  $K_{\text{лс}}$  – кратность пены из лафетных стволов, равная 6–10 (справочная величина из характеристик судовой системы пенотушения);  $n_{\text{лс}}$  – количество лафетных стволов судовой системы пенотушения, ед.;  $K_{\text{рс}}$  – кратность пены из ручных пенных стволов или пеногенераторов, равная 8–100 (справочная величина из характеристик судовой системы пенотушения);  $n_{\text{рс}}$  – количество ручных пенных стволов судовой системы пенотушения, ед.

### ПОРЯДОК РАСЧЁТА ДОСТАТОЧНОСТИ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

При эксплуатации объектов нефтегазового комплекса, морских нефтяных и газовых терминалов на специализированных судах, привлекаемых для несения аварийно-спасательной

готовности (при возникновении пожара), устанавливаются системы порошкового пожаротушения. Характеристики и технические возможности таких систем могут быть учтены в расчёте сил и средств, привлекаемых для тушения возгорания на поверхности воды при возникновении аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

На площадь тушения пожара влияют такие показатели системы:

- интенсивность подачи порошка (табл. 3);
- запас порошка, имеющийся на судне (судах);
- длина струи из ствола-пистолета или лафетного ствола.

Площадь тушения, обеспечиваемая судами, оборудованными системами порошкового пожаротушения, всеми имеющимися стволами, определяется по формуле:

$$F_{\text{ПРТ}} = \frac{\sum_{j=1}^k M_j}{I_{\text{ПРТ}} \tau_{\text{ПРТ}}},$$

где  $M_j$  – запас порошка, имеющийся на  $j$ -м судне, кг;  $I_{\text{ПРТ}}$  – интенсивность подачи порошка кг/(с·м<sup>2</sup>) (табл. 3);  $F_{\text{ПРТ}}$  – площадь горения, покрываемая системами порошкового пожаротушения, м<sup>2</sup>;  $\tau_{\text{ПРТ}}$  – расчётное время тушения порошковой системой (30 с).

#### РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ВОДОТУШЕНИЯ ПРИ ТУШЕНИИ КОМПАКТНЫМИ И РАСПЫЛЁННЫМИ СТРУЯМИ

В акваториях допускается тушение возгораний компактными и (или) распылёнными струями забортной воды, которое производится на границе горящего нефтяного пятна и исполь-

зуется не только непосредственно для тушения, но и для предотвращения распространения (локализации) пожара. Распылённая вода применяется для понижения температуры горящей нефти и, как следствие, снижения интенсивности горения.

Тушение водой не может рассматриваться как основной способ тушения горящей нефти вследствие его низкой эффективности по сравнению с системами пенотушения и порошкового пожаротушения. В рамках разрабатываемых методических рекомендаций по определению достаточного состава сил и средств для ЛРН на морских акваториях не допускается применение распылённой воды для тушения возгораний нефтей и нефтепродуктов, относящихся к категории ЛВЖ и ООЛВЖ (согласно ГОСТ 12.1.044–89).

Требуемый расход воды для тушения пожара водой можно определить по формуле

$$Q_{\text{тр}} = I_{\text{ВДТ}} F_{\text{ВДТ}},$$

где  $Q_{\text{тр}}$  – требуемый расход воды, м<sup>3</sup>/ч;  $I_{\text{ВДТ}}$  – интенсивность подачи воды (принимается в зависимости от типа струи: для распылённой струи воды  $I_{\text{ВДТ}} = 0,72$  м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>); для компактной струи воды  $I_{\text{ВДТ}} = 0,36$  м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>));  $F_{\text{ВДТ}}$  – площадь горения, покрываемая системами водотушения, м<sup>2</sup>.

Количество стволов, необходимых для тушения пожара на площади горения  $F_{\text{ВДТ}}$ , рассчитывается следующим образом:

$$N_{\text{ВДТ}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{q_{\text{экв}}} = \sum_{i=1}^k \left( \frac{Q_{\text{тр}i}}{q_i} \right),$$

где  $q_{\text{экв}}$  – расход воды через условный ствол, эквивалентный среднему, м<sup>3</sup>/ч;  $Q_{\text{тр}i}$  – расход воды, требуемый во время тушения пожара всеми стволами  $i$ -го типа, м<sup>3</sup>/ч;  $q_i$  – расход воды через ствол  $i$ -го типа (производительность ствола), м<sup>3</sup>/ч;  $k$  – количество типов пожарных стволов.

Полученное общее количество пожарных стволов, которое должно быть обеспечено в зоне возгорания и тушения площади  $F_{\text{ВДТ}}$ , округляется до ближайшего большего целого числа и распределяется между судами, участвующими в проведении операции по ЛРН согласно расчётам сил и средств, и не занятыми в пенотушении и порошковом тушении.

Площадь тушения, обеспечиваемая каждым судном всеми имеющимися пожарными стволами, определяется по формуле:

$$F_{\text{ВДТ}j} = \frac{\sum_{a=1}^m q_a}{I_{\text{ВДТ}}},$$

Таблица 3  
Интенсивность подачи порошковых  
огнетушащих составов

Вид нефтепродукта	Интенсивность подачи, кг/(с·м <sup>2</sup> )
Разлив нефтепродуктов с температурой вспышки 28 °С и ниже:	
– при тушении лафетным стволом	1,0
– при тушении ручным стволом	0,35
Разлив нефтепродуктов с температурой вспышки выше 28 °С	0,16
Разлив сжиженного газа:	
– при тушении лафетным стволом	1,0
– при тушении ручным стволом	0,35
Спирт	0,3
Толуол	0,2

Таблица 4

Определение периметра охлаждаемой конструкции П, м

Водоизмещение аварийного судна, т	1 500	5 000	10 000	40 000	100 000	150 000
П, м	49	60	66	82	90	95

где  $q_a$  – расход воды через  $a$ -й ствол (производительность ствола) на  $j$ -м судне, м<sup>3</sup>/ч.

Определение производительности системы водотушения для охлаждения конструкций производится при расчёте сил и средств, привлекаемых к тушению горящих разливов нефти и нефтепродуктов, обусловленных авариями на нефтеналивных судах.

При горении разлива в районе аварийного судна основной задачей является предотвращение распространения пожара внутрь корпуса и надстройки. Для этого необходимо охлаждать водой корпус там, где расположены машинное отделение и переборки надстройки. Эту операцию экипаж аварийного судна не в состоянии выполнить своими силами из-за высокого пламени и сильного задымления. Единственное правильное решение экипажа аварийного судна – вывести судно задним ходом из горящего поля разлива. Задачами спасателей в этом случае являются спасение экипажа аварийного судна, вывод его из горящего поля, охлаждение водой борта и надстройки аварийного судна.

При охлаждении надстройки аварийного судна необходимо охлаждать бортовую и кормовую части, так как лобовая переборка на грузовых судах имеет класс А-60 (конструкции, которые в течение 60 мин могут обеспечить соблюдение перепада температур в процессе стандартного испытания огнестойкости). Требуемый расход воды, необходимый для охлаждения корпуса судна и надстройки в зоне горящей плёнки на поверхности воды, определяется по формуле

$$Q_{ox} = I_{ox} П,$$

где  $Q_{ox}$  – расход воды, используемый для охлаждения корпуса судна, м<sup>3</sup>/ч;  $I_{ox}$  – интенсивность подачи воды для охлаждения корпуса и надстройки [4]: для охлаждения бортов в зоне горящей плёнки на воде  $I_{ox} = 4,2$  м<sup>3</sup>/(ч·м); для охлаждения наружных конструкций (надстроек, рубок в зоне горения)  $I_{ox} = 0,6$  м<sup>3</sup>/(ч·м); П – периметр охлаждаемой конструкции, м.

Значение периметра охлаждаемой конструкции задаётся, основываясь на фактических размерах аварийного судна (табл. 4). Промежуточные значения рассчитываются методом линейной интерполяции.

Количество стволов для охлаждения конструкции определяется по математическому выражению:

$$N_{ox} = \frac{Q_{ox}}{q_{эkv}},$$

где  $q_{эkv}$  – производительность одного ствола, м<sup>3</sup>/ч.

Полученное значение  $N_{ox}$  округляется до ближайшего целого числа, после чего количество

пожарных стволов, которое должно быть обеспечено в зоне возгорания и тушения площади  $F_{вдт}$ , распределяется между судами, участвующими в проведении операции по ЛРН (согласно расчётам сил и средств или привлекаемым дополнительно). На основании данных о фактических производительностях пожарных стволов значение  $Q_{ox}$  уточняется:

$$Q_{ox} = \sum_{i=1}^{N_{ox}} q_i$$

Пожарные стволы, выделенные на обеспечение охлаждения конструкций, не могут быть привлечены непосредственно для тушения возгорания, поэтому требуется уточнить площадь тушения, которая будет покрываться системами водяного пожаротушения, для этого нужно воспользоваться формулой:

$$F_{вдт} = \frac{\left( \sum_{j=1}^{K_{вдт}} \sum_{a=1}^m q_a \right) - Q_{ox}}{I_{вдт}}$$

#### СВЕДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТА ДОСТАТОЧНОСТИ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Одним из ключевых требований к обеспеченности потенциально опасных объектов силами и средствами для пожаротушения является их достаточность для полного покрытия всеми доступными средствами пожаротушения площади горения. Данное требование выражается в обязательном выполнении математического условия (1), которое с учётом принятых обозначений может быть записано в расширенном варианте:

$$F \leq \frac{\sum_{j=1}^{K_{пнт}} \sum_{a=1}^m q_{пoa}}{I_{пнт}} + \frac{\sum_{j=1}^{K_{прт}} M_j}{I_{прт} \tau_{прт}} + \frac{\left( \sum_{j=1}^{K_{вдт}} \sum_{a=1}^m q_a \right) - Q_{ox}}{I_{вдт}}, \quad (2)$$

где  $K_{пнт}$  – количество судов, занятых в операции по тушению пожара пеной, м<sup>3</sup>/ч;  $K_{прт}$  – количество судов, занятых в операции по тушению пожара

порошком,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $K_{\text{вдт}}$  – количество судов, занятых в операции по тушению пожара водой,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Расчёт достаточности сил и средств для пожаротушения считается окончательным при обязательном выполнении следующих ключевых условий:

- полученные расчётным путём характеристики систем пожаротушения обеспечивают выполнение неравенства (2);

- на всех судах обеспечивается рассчитанная производительность лафетных и пожарных стволов, а также порошковых стволов-пистолетов;

- на судах, привлекаемых для тушения воздушно-механической пеной, обеспечивается размещение и хранение рассчитанного количества пенообразователя;

- на судах, привлекаемых для тушения пожара водой, обеспечивается рассчитанная производительность противопожарных водяных систем;

- на всех судах обеспечивается достаточное количество персонала для запуска, введения в действие и работы используемых противопожарных систем в течение расчётного времени тушения,

а также последующий вывод из работы и размещение оборудования по штатным местам.

В случае невыполнения одного или нескольких из вышеуказанных условий расчёт повторяется с новыми исходными данными.

К аварийно-спасательным операциям по тушению пожара механической пеной, при порошковым тушении, а также при тушении водой привлекаются суда аварийного реагирования (САР) и суда технического обеспечения (СТО). Привлечение специализированных судов, имеющих в символе класса знак оснащённости средствами борьбы с пожаром на других судах, требуется для разливов регионального, межрегионального и федерального уровней (табл. 2).

В результате разработки настоящего расчётного алгоритма авторами настоящей статьи решена научно-практическая задача по определению количества сил и средств (судовые средства пожаротушения), необходимых для тушения горящей нефти и нефтепродуктов на морской поверхности в случае возникновения разливов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маценко С. В. Моделирование разливов нефти и нефтепродуктов // Материалы научно-практического семинара «Государственное регулирование в области предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на море и внутренних акваториях» / отв. ред. С. В. Маценко, Л. Г. Дунец. – Новороссийск, МГА имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2009. – С. 34–36.
2. PISCES II. Описание математических моделей программного продукта // Catalogue of computer programs and Internet information related to responding to oil spill (MERC 367), International Maritime Organization. – ЗАО «Транзас», 2003. – Санкт-Петербург. – 40 с. – Неопубл. материалы.
3. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. – М.: ГУГПС МВД России, 1999. – 50 с.
4. РД 31.60.14–81 (НБЖС–81). Наставление по борьбе за живучесть судов. – М.: Мортехинформреклама, 1982. – 207 с.
5. Организация, подготовка и борьба экипажей с пожарами и дымом на судах. Добавление № 2 к РД 31.60.14–81 (НБЖС–81). – М.: Морфлот, 1978. – 196 с.
6. РПСР ВМФ–98. Руководство по проведению спасательных работ Военно-морского флота. – М.: Военное издательство, 2001. – 192 с.
7. Иванов А. Ф., Алексеев П. П., Безбородько М. Д. Пожарная техника. Учебник для пожарно-технических училищ. В 2-х частях. Часть 1. Пожарно-техническое оборудование. – М.: Стройиздат, 1988. – 408 с.
8. ГОСТ 27331–87. Пожарная техника. Классификация пожаров. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 6 с.
9. ГОСТ 4.99–83. СПКП. Пенообразователи для тушения пожаров. Номенклатура показателей. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 9 с.
10. СНиП 2.11.03–93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. – М.: ГП ЦПП, 1993. – 28 с.
11. НПБ 170–98. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: МВД РФ, ГПС РФ, 1998. – 12 с.
12. НД № 2-020101–072. Правила классификации и постройки морских судов. Том 1. Общие положения. Части I–VI. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2013. – 503 с.

Материал поступил в редакцию 19 мая 2016 года.

Matsenko S., Remnyov A.

## CALCULATING SUFFICIENT PROPORTION OF MEANS AND FORCES FOR EXTINGUISHING OIL AND OIL PRODUCTS SPILL IN MARINE AREAS

## ABSTRACT

**Purpose.** The article reveals the main data contained in the report on the research work “Development and Experimental Reasoning of Methodological Recommendations for Determining the Sufficient Proportion of Means and Forces to Eliminate Oil and Oil Products Spill in Marine Areas” carried out by JSC “Southern Research and Design Institute of Marine Sea Fleet” on demand of the Federal Budgetary Institution “Marine Rescue Service of Rosmorrechflot”.

**Methods.** The authors used methods of calculating means and forces for extinguishing oil and oil products and the possibility of using the standard indices of the supply intensity of extinguishing agents applied for fire extinction during territorial oil spills.

**Findings.** As a result of the work carried out by the authors of this article, calculation algorithms used to determine the quantitative and qualitative proportion of means and forces applied for

extinguishing oil and oil products on the sea surface in the event of spills have been obtained.

**Research application field.** On the basis of the analysis, a technique for calculating means and forces necessary for extinguishing oil and oil products on the sea surface has been proposed. This technique is of immediate interest and practical value for marine rescue teams and subdivisions.

**Conclusions.** As a result of developing this calculation algorithm, we have solved the scientific and practical task of determining the amount of means and forces necessary for extinguishing burning oil and oil products on the sea surface.

*Key words:* ship fire extinguishing means, foam extinguishment, foam generating agent, foam monitors, ship fire extinguishing system, water spray extinguishment, water jet extinguishment, dry powder extinguishment, emergency response vessels, technical support vessels.

## REFERENCES

1. Matsenko S.V. Modeling of oil and oil products spills. *Mat-ly nauch.-prakt. sem. “Gosudarstvennoe regulirovanie v oblasti preduprezhdeniia i likvidatsii razlivov nefi i nefteproduktov na more i vnutrennikh akvatoriakh”* [Mater. of the sci. and pract. seminar “State regulation in the field of prevention and liquidation of oil and oil products spills at sea and inland water areas”. Ed. by S.V. Matsenko, L.G. Dunets]. Novorossiysk, Morskaiia gosudarstvennaia akademiia imeni admirala F.F. Ushakova Publ., 2009, pp. 34–36. (in Russ.).
2. PISCES II. Description of the mathematical models of the software product. Catalogue of computer programs and Internet information related to responding to oil spill (MERC 367), International Maritime Organization. St. Petersburg, Closed joint-stock company “Transas”, 2003. 40 p. (in Russ., unpublished source).
3. Guidelines for extinguishing oil and oil products in tanks and tank farms. Moscow, Main Directorate of the EMERCOM of the Ministry of the Interior of Russia Publ., 1999. 50 p. (in Russ.).
4. Manual of Emergency Plans 31.60.14–81 “Instructions on Damage Control for USSR Ministry of the Merchant Marine Vessels”. Moscow, Mortekhinformreklama Publ., 1982. 207 p. (in Russ.).
5. Organization, preparation and struggle of crews with fires and smoke on ships. Appendix no. 2 to Manual of Emergency Plans 31.60.14–81 “Instructions on Damage Control for USSR Ministry of the Merchant Marine Vessels”. Moscow, Morflot Publ., 1978. 196 p. (in Russ.).
6. GR of Navy–98. Guide to the rescue of the Navy. Moscow, Voennoe izdatel'stvo Publ., 2001. 192 p. (In Russ.).
7. Ivanov A.F., Alekseev P.P., Bezborodko M.D. *Pozharnaiia tekhnika. Chast' 1. Pozharno-tekhicheskoe oborudovanie* [Fire fighting equipment. Part 1. Fire-technical equipment]. Moscow, Stroizdat Publ., 1988. 408 p.
8. State standard 27331–87. Fire engineering. Cassification of fires. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1988. 6 p. (in Russ.).
9. State standard 4.99–83. System of product quality indexes. Foaming agents for fire extinguishing. Nomenclature of indexes. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1983. 9 p. (in Russ.).
10. Building regulations 2.11.03–93. Warehouses of oil and oil products. Fire regulations. Moscow, Gosudarstvennoe Predpriatie “Tsentrii proektnoi produktsii massovogo primeneniia” Publ., 1993. 28 p. (in Russ.).
11. Norms of fire safety 170–98. Fire extinguishing powders. General technical requirements. Test methods. Moscow, the Ministry of the Interior of Russia Publ., State Fire Service of Russia Publ., 1998, 12 p. (in Russ.).
12. Normative document 2-020101–072. Rules for the classification and construction of sea-going vessels. Volume 1. General provisions. Parts I–VI. St. Petersburg, Rossiiskii morskoi registr sudokhodstva Publ., 2013. 503 p. (in Russ.).

SERGEI MATSENKO

Doctor of Philosophy in Engineering Sciences  
Southern Scientific Research and Design Institute for Maritime Fleet Co.,  
Novorossiysk, Russia

ALEKSANDER REMNYOV

Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russia