

УДК 614.845.1

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ТРАНСПОРТИРОВКИ НА СКОРОСТЬ ДОСТАВКИ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ К МЕСТУ ПОЖАРА НА СУДАХ

В. Г. ЕСТЕХИН

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург
E-mail: estekhin@inbox.ru

В настоящей статье представлены эмпирические данные и аналитические материалы по доставке первичных средств пожаротушения на объектах водного транспорта. Анализ результатов экспериментальных данных движения участников эксперимента с огнетушителем, показал, что на скорость движения человека с отягощением влияет способ переноски ПСП. В работе обосновывается и предлагается внедрение универсальной подвесной системы для доставки огнетушителей, которая сократит время доставки огнетушителей на водном транспорте и других объектах.

Ключевые слова: пожары на морских (речных) судах, огнетушители на судах, определение расчетных величин пожарного риска, универсальная подвесная система для доставки огнетушителей на транспорте и других потенциально опасных объектах.

THE IMPACT OF THE MODE OF TRANSPORTATION ON THE EFFICIENCY OF DELIVERING FIRE EXTINGUISHERS TO A FIRE ON A SHIP

V. G. ESTEHIN

St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia
Russian Federation, St. Petersburg
E-mail: estekhin@inbox.ru

The article presents empirical data and analytical materials on the two methods of delivery of primary fire extinguishing equipment on ships. During a series of experiments, it was found that the speed of delivery of a fire extinguisher to the fire is affected by its weight and dimensions, resulting in a shift in the center of mass of the subject and increase of fire extinguishers' delivery time. The article proposes the implementation of a universal suspension system for the delivery of fire extinguishers, which will reduce the delivery time of fire extinguishers on water transport and other objects.

Key words: fires on sea (river) vessels, fire extinguishers on ships, determination of estimated fire risk values, universal suspension system for the delivery of fire extinguishers on transport and other potentially dangerous objects.

Введение

В ранее опубликованных материалах [1, 2] установлено, что наибольшее количество пострадавших на объектах транспорта приходится на морские (речные) суда. В работе [3] определена низкая эффективность применения огнетушителей при ликвидации пожаров на водном транспорте, поскольку лишь в 7 % случаев экипажу удавалось успешно применить судовые средства пожаротушения. Анализ документов, регламентирующих оснащение первичными средствами пожаротушения (далее – ПСП), показал, что отсутствует единый документ, предъявляющий требования к ПСП на судах как отечественных, так и зарубежных. Требования, предъявляемые к судо-

вым помещениям различны, это касается как массы заряда огнетушителя, так и их количества, и мест расположения.

Для повышения уровня пожарной безопасности объектов водного транспорта предлагается разработка единой комплексной методики оснащения ПСП, которая будет учитывать объемно-планировочные решения конкретного объекта (судна), а также физиологические особенности экипажа, участвующего в борьбе за живучесть рассматриваемого судна.

На эффективность действия ПСП влияет время доставки огнетушителя к очагу, которое в свою очередь зависит от мест расположения огнетушителя на объекте. Свободное время развития пожара на объекте зависит от совокупности факторов, таких как время обнаружения и сообщения о пожаре, скорость до-

ставки огнетушащих веществ к очагу пожара, а также начало действия огнетушащего вещества на очаг пожара.

В настоящее время существующие методики^{1,2} [4], программные продукты^{3,4,5}, а также научные исследования⁶ [5–13] не учитывают влияния отягощения в виде огнетушителя на скорость и время доставки к очагу пожара.

В рамках исследования был разработан план⁷ [14] и проведены натурные испытания⁸ по определению времени и скорости доставки огнетушителей на объекте.

Реализация эксперимента

Объектом исследования является процесс выполнения работ по доставке огнетушителей к условному очагу пожара, а предметом исследования – определение эффективности универсальной подвесной системы (далее – УПС) на основании экспериментальных данных.

Целями проведения эксперимента является:

- определение скорости доставки ПСП;
- предложение по повышению эффективности применения огнетушителей на объекте;
- расчет эффективности предложенных мероприятий.

В качестве модельного объекта использовалось общежитие (рис. 1 А), объемно-планировочные решения которого схожи с палубами пассажирского теплохода (рис. 1 Б, В). В общежитии располагается 13 жилых комнат, которые сообщаются коридором, по краям

находятся лестничные марши, такая планировка условно соответствует средней части морского (речного) судна. Ширина дверных проемов на модельном этаже составляет – 0,8 м, путей эвакуации – 1,8 м, тогда как на пассажирском судне ширина трапов⁹, дверных проемов¹⁰ и других путей эвакуации должна быть не менее 0,9 м. На объекте установлены межкомнатные двери с дверными доводчиками (после проникновения в комнату участником эксперимента дверное полотно закрывается самостоятельно).

Согласно плану натурных испытаний, было разработано два сценария доставки огнетушителей на объекте.

Сценарий №1.

По условиям эксперимента в одной из комнат общежития произошло возгорание в результате короткого замыкания электропроводки (рис. 1 А). Система обнаружения и оповещения о пожаре не сработала, пожар был обнаружен участником эксперимента по внешним признакам. Для доставки ПСП к очагу пожара участник эксперимента начал движение из помещения, где был расположен очаг пожара. Все двери на объекте находились в закрытом положении, в каждом помещении объекта располагались огнетушители одного типоразмера. Участник эксперимента покинул «горящий» отсек и направился в ближайшее помещение, где располагался огнетушитель. Участнику эксперимента было необходимо доставить огнетушитель ОП-5. Таким образом, определялось влияние массы и габаритных размеров огнетушителя на скорость и время доставки ПСП к очагу пожара. Далее огнетушители были заменены на больший типоразмер, метод доставки ПСП остался неизменным, как описано ранее.

Для определения скорости движения участника эксперимента от очага пожара до огнетушителя и обратно с огнетушителем происходила фиксация времени прохождения участника эксперимента по этапам (рис. 2):

– этап № 1: участник эксперимента начинал движение из помещения, где был расположен очаг пожара и двигался до дверного проема (дверь находилась в закрытом положении);

– этап № 2: участник эксперимента открывал дверь с доводчиком «от себя» и преодолевал дверной проем;

¹ Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

² Приказ МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности».

³ Программа Fenix + 3 – расчет пожарного риска.

⁴ Программа Pathfinder – расчет времени эвакуации людей.

⁵ Программа СИТИС: Флоутек – программное обеспечение для моделирования процесса эвакуации людей из здания.

⁶ Revised guidelines on evacuation analysis for new and existing passenger ships // International maritime organization.

⁷ Межгосударственный стандарт ГОСТ 19.301-79 «Единая система программной продукции. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению».

⁸ Межгосударственный стандарт ГОСТ 16504-81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения».

⁹ Министерство транспорта РФ распоряжение от 15.05.2003 г. №НС-59р «Об утверждении требований к конструкции судов внутреннего водного транспорта и судовому оборудованию».

¹⁰ ГОСТ 25088-98 от 01.01.2002 «Двери судовые».

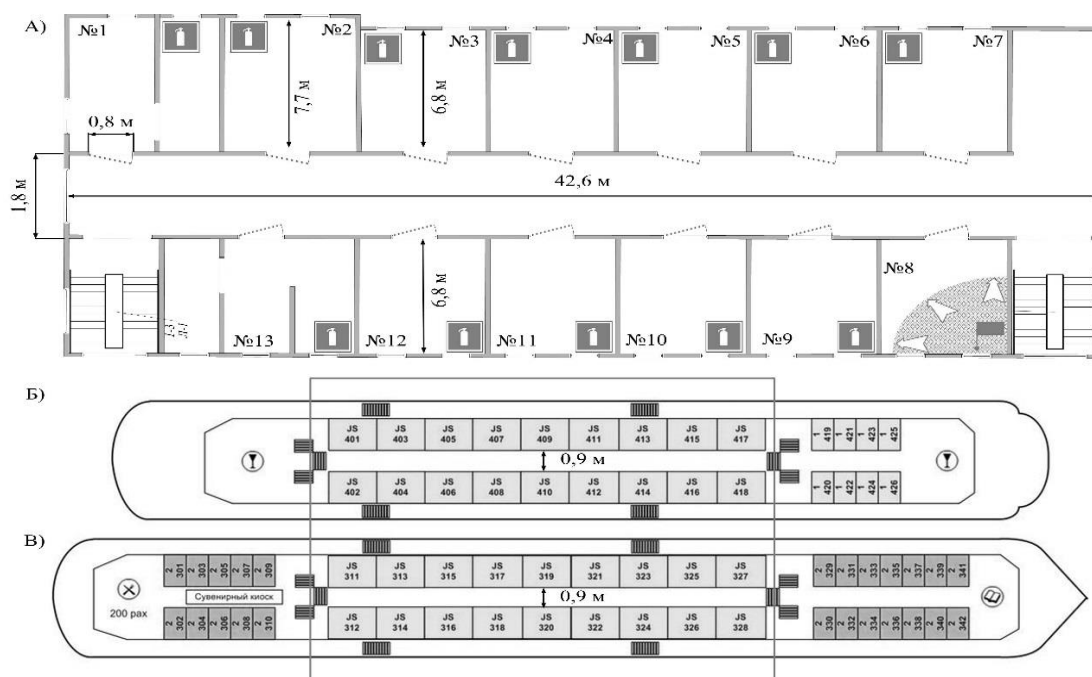


Рис. 1. А) Расположение жилых комнат общежития;
Б) расположение кают шлюпочной палубы пассажирского теплохода;
В) расположение кают верхней палубы теплохода пассажирского

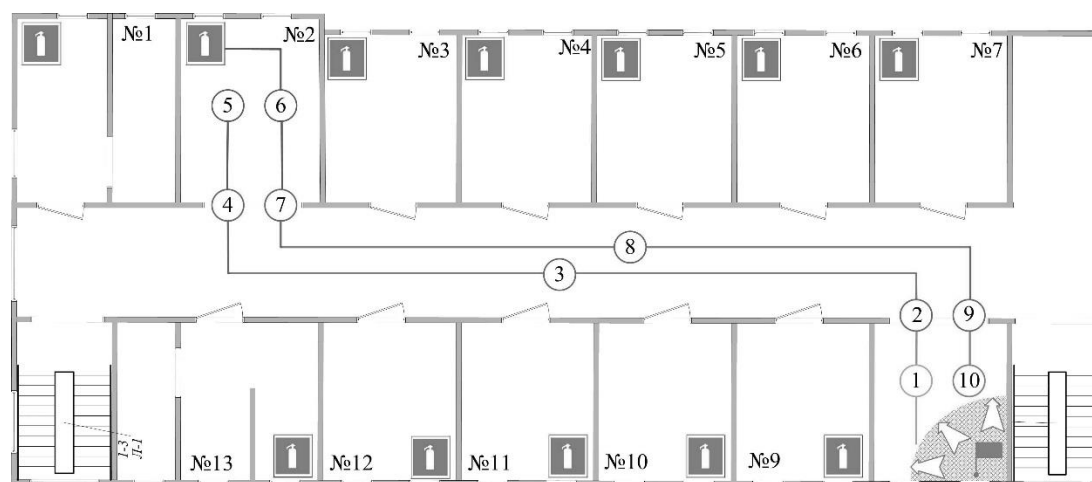


Рис. 2. Поэтапный метод проведения эксперимента

– этап № 3: движение участника эксперимента по горизонтальному пути эвакуации (коридору) до дверного проема помещения, где располагался огнетушитель;

– этап № 4: участник эксперимента открывал дверь с доводчиком «на себя» и преодолевал дверной проем;

– этап № 5: участник эксперимента продолжал движение до места расположения огнетушителя в помещении.

На этапах № 1-5 участник эксперимента двигался без нагрузки от огнетушителя.

– этап № 6: участник эксперимента осуществлял подъем огнетушителя и двигался до дверного проема (дверь находилась в закрытом положении);

– этап № 7: участник эксперимента с огнетушителем открывал дверь с доводчиком «от себя» и преодолевал дверной проем;

– этап № 8: участник эксперимента двигался с огнетушителем по горизонтальному пути эвакуации (коридору) до дверного проема помещения, где был расположен очаг пожара;

– этап № 9: участник эксперимента с огнетушителем открывал дверь с доводчиком «на себя» и преодолевал дверной проем;

– этап № 10: участник эксперимента доставлял огнетушитель к очагу пожара.

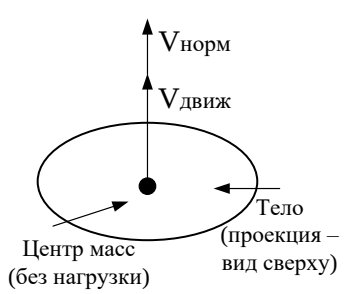
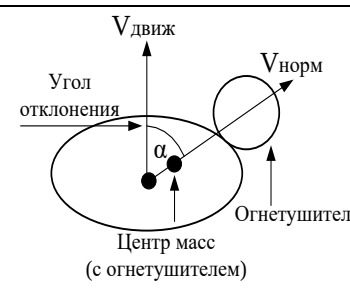
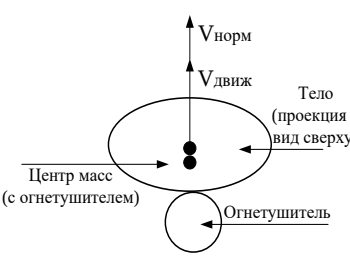
На этапах № 6–10 при движении на участника эксперимента воздействовала нагрузка от огнетушителя.

Во время проведения эксперимента участник был экипирован нагрудным датчиком сердечного ритма, который считывал и фиксировал показатели частоты сердечных сокращений (далее – ЧСС). Данные показатели определяли интенсивность (тяжесть) физической нагрузки при доставке огнетушителей разных типоразмеров. Нагрудный датчик сердечного ритма синхронизировался с мобильным приложением, по которому отслеживались показания.

Выводы по сценарию № 1

В ходе проведения серии экспериментов опытным путем было установлено, что на скорость доставки ПСП оказывали влияние масса и габаритные размеры огнетушителя, следствием чего являлось смещение центра масс участника эксперимента (угол отклонения центра масс при движении человека). Результатом смещения центра масс являлось повышение ЧСС, тем самым интенсивность физической нагрузки возрастала. Для снижения влияния смещения центра масс на участника эксперимента необходимо, чтобы огнетушитель находился на одной оси с вектором направления движения, следовательно, огнетушитель должен находиться не в руках участника эксперимента при его доставке, а располагаться сзади в виде универсальной подвесной системы (табл.1).

Таблица 1. Схема смещения центра масс при доставке огнетушителей (горизонтальная проекция)

Схема движения участника эксперимента	Описание
	Движение участника эксперимента без огнетушителя. При движении участника эксперимента без нагрузки вектор движения и вектор отклонения находятся соосно проекции. Угол отклонения тела от вектора равен нулю, $\alpha = 0^\circ$
	Сценарий № 1. Движение участника эксперимента с огнетушителем в руке. При движении участника эксперимента с огнетушителем центр масс смещается в сторону отягощения (в сторону той руки, где располагается огнетушитель), соответственно вектор отклонения изменяется, α = разности угла векторов, $V_\phi = V_n \cdot \cos \alpha$. Чем больше масса и габариты носимого огнетушителя, тем больше смещается центр тяжести проекции человека с огнетушителем, следовательно, увеличивается угол отклонения (α), что приводит к увеличению ЧСС, тем самым снижая скорость движения.
	Сценарий № 2. Движение участника эксперимента с огнетушителем, расположенным за спиной. При движении участника эксперимента с огнетушителем, расположенным в виде ранца за спиной, центр масс находится соосно с вектором направления движения. Соответственно угол отклонения $\alpha = 0^\circ$.

Сценарий № 2.

Исходя из выводов сценария № 1 был разработан второй сценарий проведения эксперимента, который аналогичен первому, за исключением способа доставки огнетушителя в горящее помещение: доставка ПСП осуществлялась с помощью УПС, на которую кре-

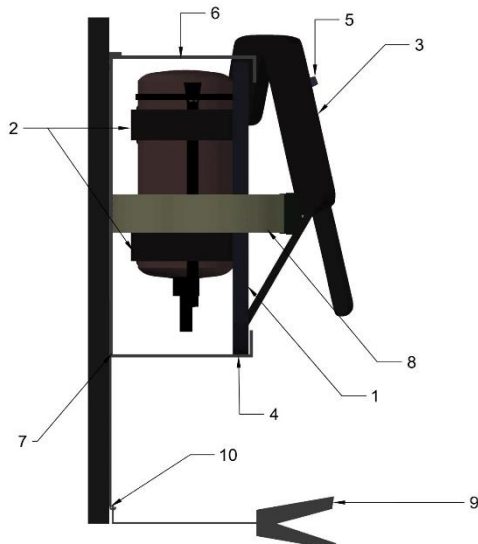


Рис. 3. Универсальная подвесная система, вид сбоку

пился огнетушитель. В помещении, где располагался огнетушитель (этап № 6), было установлено крепление, на котором располагалась установка с огнетушителем (рис. 3, 4), участнику эксперимента было необходимо извлечь УПС из крепления и продолжить движение в сторону двери, надев её на себя.

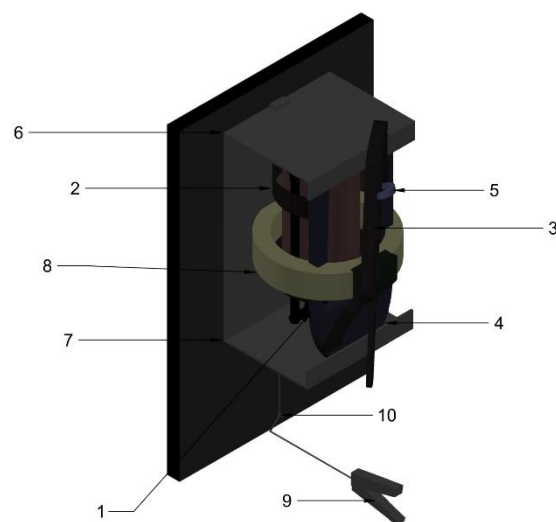


Рис. 4. Универсальная подвесная система, вид сбоку

На этапе № 10 участник эксперимента доставлял огнетушитель к условному очагу пожара, время фиксировалось. Далее огнетушители заменялись на больший типоразмер, метод доставки ПСП оставался неизменным.

Участниками эксперимента являлись лица трудоспособного возраста (18–60 лет, подходящие под группу мобильности экипажа судна). Репрезентативность выборки подтвер-

ждается отсутствием отклонений от значений характеристик генеральной совокупности оцениваемой группы мобильности М-03¹¹. Каждый участник эксперимента осуществлял доставку ПСП в количестве трех повторений, после полного восстановления (отдыха).

Осредненные экспериментальные значения скорости доставки ПСП представлены в табл. 2.

Таблица 2. Осредненные экспериментальные значения скорости доставки ПСП по этапам

Движение участника эксперимента без нагрузки, м/мин					
Типоразмер огнетушителя	Этап № 1	Этап № 2	Этап № 3	Этап № 4	Этап № 5
Без нагрузки	107±15	23±3	106 ±18	20±2	96±18
Движение участника эксперимента с огнетушителем в руке, м/мин (Сценарий № 1)					
Типоразмер огнетушителя	Этап № 6	Этап № 7	Этап № 8	Этап № 9	Этап № 10
ОП-5	81±13	23±4	122±13	20±3	119±10
ОП-6	72±5	18±2	103±12	17±1	109±10

¹¹ Приказ МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности».

ОП-8	72±9	17±2	106±15	16±1	112±9
ОП-10	62±10	20±2	107±19	15±2	103±15
Движение участника эксперимента с огнетушителем, расположенным за спиной, м/мин (Сценарий № 2)					
Типоразмер огнетушителя	Этап № 6	Этап № 7	Этап № 8	Этап № 9	Этап № 10
ОП-5	102±21	24±1	119±17	21±2	118±13
ОП-6	95±19	24±2	108 ±15	22±2	112 ±13
ОП-8	97±17	24±2	110 ±14	20±2	111±15
ОП-10	99±19	25±3	112±18	20±2	108±15

Анализ

экспериментальных данных

Из анализа экспериментальных данных (сценарий № 1) следует, что на этапах № 6, 7 и 9 зафиксирована самая низкая скорость участников эксперимента при доставке огнетушителей в руках.

На этапе № 6 начиналось движение участника эксперимента с отягощением в сторону очага пожара. Минимальная скорость была зафиксирована при движении с огнетушителем ОП-10 (в руках), которая составляла 44 м/мин, при средней скорости на данном участке 62 м/мин. Минимальная скорость участников эксперимента без огнетушителя на этом же этапе составила 71 м/мин, а среднее значение – 96 м/мин. Доставка огнетушителя того же типоразмера, размещенного за спиной участника эксперимента, показала близкие результаты по времени и скорости с движением без отягощения – минимальная скорость была равна 70 м/мин, а средний показатель – 99 м/мин. Разница скорости доставки ОП-10, находящегося в руках, и того же участника эксперимента, осуществляющего доставку огнетушителя за спиной, составляет 37 м/мин в пользу последнего.

Самая низкая скорость доставки огнетушителей (в руках) была зафиксирована с ОП-5 на этапе № 6. Скорость при доставке данного типоразмера составляла 60 м/мин, а среднее значение – 81 м/мин. Разница в скорости между ОП-5 и ОП-10 (в руках) по средним значениям составила 19 м/мин. Максимальная скорость движения участника эксперимента была зафиксирована при движении с огнетушителем за спиной (ОП-5), где разница составила 20 м/мин с ОП-5 и 40 м/мин с ОП-10, которые доставлялись в руках.

Анализ экспериментальных данных этапа № 9 показывает, что масса и габаритные размеры огнетушителя также оказывали влияние на скорость доставки ПСП в руках, как и на этапе №6 (сценарий №1). Минимальная скорость зафиксирована при доставке огнетушителя ОП-10, разница с ОП-8 составляет 1 м/мин, с ОП-6 – 2 м/мин и ОП-5 – 5 м/мин, в

пользу меньших по массе и размеру огнетушителей. Анализируя этап преодоления дверных проемов «от себя» (этап № 7) и «на себя» (этап № 9), можно сделать вывод, что на этапе № 7 участники эксперимента затрачивали меньше времени и показывали большую скорость прохождения на 13,5 % по средним показателям, чем на этапе № 9 (как без нагрузки, так и при доставке огнетушителей в руках и за спиной). Разница в скорости движения без нагрузки составила 3 м/мин в пользу этапа № 7, что эквивалентно 13,6 %. При доставке огнетушителей в руках разница составила 2 м/мин, а при доставке огнетушителя за спиной – 4 м/мин, что эквивалентно 12,5 % и 14,3 % соответственно.

Сравнительный анализ экспериментальных данных указывает, что на способ доставки ПСП (сценарий № 1 в руках участника эксперимента) к условному очагу пожара оказывали влияние масса огнетушителя и его габаритные размеры. Чем больше масса и габариты огнетушителя, тем больше происходило смещение центра тяжести участника эксперимента (табл. 1), которые в свою очередь влияли на угол отклонения α . Большая потеря времени была зафиксирована на этапах № 6 (сценарий № 1), где участники эксперимента поднимали огнетушитель и начинали движение с отягощением, а также преодолевали дверные проемы. На этапах № 7, 9 происходила потеря времени в связи с тем, что участники эксперимента перекладывали тяжелый и неудобный огнетушитель из одной руки в другую перед открытием дверного полотна, задевали огнетушителем элементы дверного проема и перегородки помещения.

Анализ экспериментальных данных (сценарий № 2, доставка ПСП за спиной) показал, что доставка огнетушителей того же типоразмера осуществлялась быстрее, следовательно, скорость, которую показывали участники эксперимента, была выше. На рис. 5–7. представлены сравнительные результаты этапов № 6, 7, 9.

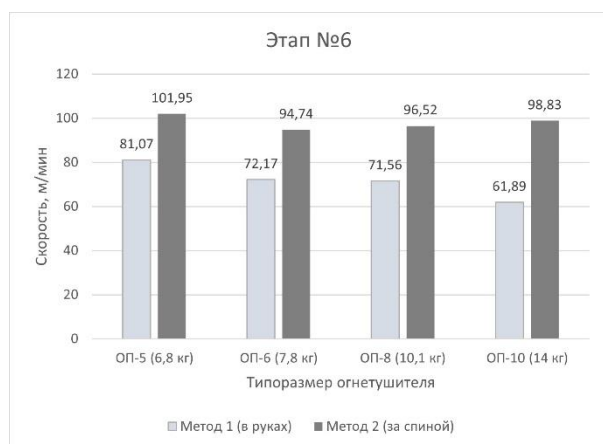


Рис. 5. Сравнительный анализ этапа № 6

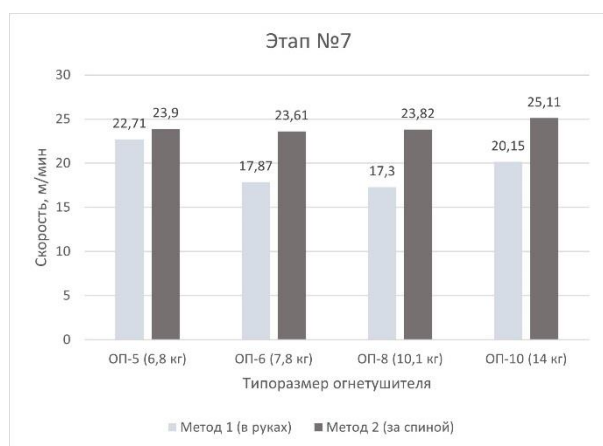


Рис. 6. Сравнительный анализ этапа № 7

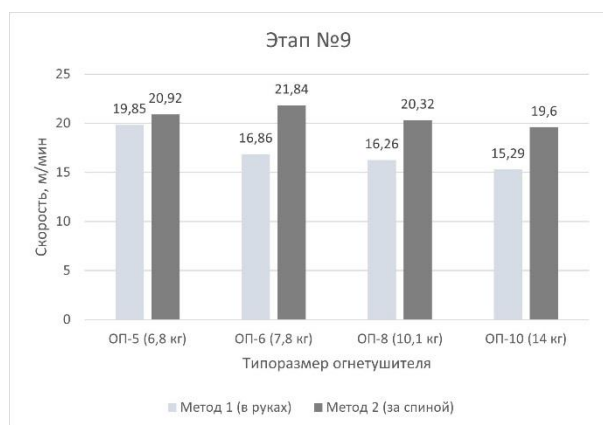


Рис. 7. Сравнительный анализ этапа № 9

Минимальная скорость на этапе № 6 зафиксирована при доставке огнетушителя ОП-10 в руках (62 м/мин), разница скорости с участниками эксперимента, двигающимися без огнетушителя (96 м/мин), составляет 34 м/мин, что в процентном соотношении составляет 35 %. Разница скорости участников эксперимента, доставляющих ПСП за спиной (99 м/мин) и в руках, составляет 37 м/мин, что в процентном соотношении выше на 37,3 % в пользу доставки ПСП за спиной. Скорость доставки ПСП за спиной на этапе № 6 выше на 3 м/мин, чем движение участника эксперимента без огнетушителя, что указывает на высокую эффективность применения УПС (табл. 3).

Во время преодоления дверных проемов на этапе № 7 зафиксирована самая низкая скорость при доставке огнетушителя ОП-8 в руках (17 м/мин), разница скорости доставки без отягощения (23 м/мин), составляет 6 м/мин, что в процентном соотношении составляет 24 %, разница скорости с участниками эксперимента, доставляющими огнетушитель за спиной (24 м/мин), составляет 7 м/мин, что в процентном соотношении – 27,3 %.

На этапе № 9 наименьшая скорость зафиксирована при доставке огнетушителей ОП-10 (15 м/мин), разница с участниками эксперимента, двигающимися без отягощения (20 м/мин), составила 4 м/мин, что в процентном соотношении составляет 22,3 %, разница с участниками эксперимента, доставляющими ПСП за спиной составляет (20 м/мин) 4 м/мин и 21,9 %.

Исходя из вышеизложенного следует, что масса и габаритные размеры огнетушителей, включая ОП-10, не оказывают влияние на время и скорость доставки ПСП, которые были размещены за спиной участников эксперимента, согласно сценария № 2, в отличие от сценария № 1, где огнетушитель располагался в руке. В случае доставки ПСП (за спиной) центр масс находится на одной оси с вектором направления движения, где $\alpha=0^\circ$.

Во время проведения эксперимента происходила фиксация ЧСС участников эксперимента, которые осуществляли доставку огнетушителей к условному очагу пожара, результатом которой была определена тяжесть (интенсивность) физической нагрузки.

Показания ЧСС участников эксперимента фиксировались по средним и пиковым значениям. Сравнительные данные ЧСС при движении участников эксперимента по сценарию № 1 и № 2 представлены на рис. 8.

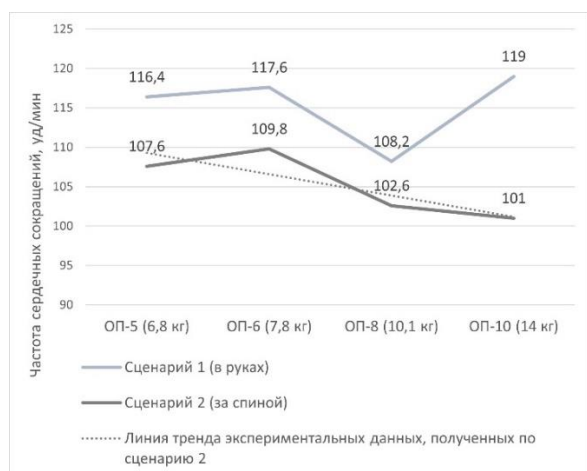


Рис. 8. Показатели ЧСС при доставке огнетушителей по сценарию № 1 и № 2

Анализ данных ЧСС сценария № 1 позволил сделать вывод, что при доставке огнетушителей в руках интенсивность физической нагрузки у участников эксперимента была выше по средним значениям на 10 уд/мин (что составляет 9,5 % от средних значений ЧСС сценария № 2).

В свою очередь участники экспериментов, осуществляющие доставку огнетушителей за спиной, показали более низкую интенсивность физической нагрузки на всех этапах. При доставке огнетушителей по сценарию № 2 ОП-5, ОП-6 и ОП-8 разница была зафиксирована по средним значениям на 6,5 % ниже, чем при доставке огнетушителей в руках.

Линия тренда на рис. 8 указывает на снижение показателей ЧСС при доставке ПСП по сценарию № 2.

Максимальная интенсивность физической нагрузки была зафиксирована у участников эксперимента, доставляющих огнетушители ОП-10 в руках, масса которого составляет 14 кг. ЧСС участников эксперимента осуществляющих доставку огнетушителей того же типоразмера за спиной была на 15,1 % ниже по средним значениям. Таким образом, доставляя ПСП в руках к моменту начала тушения пожара человек будет находиться в утомленном физическом состоянии, что в дальнейшем может повлиять на эффективность тушения пожара.

Вывод по сценариям № 1, № 2

Анализ результатов экспериментальных данных движения участников эксперимента с огнетушителем, показал, что на скорость движения человека с отягощением влияет способ переноски ПСП. При движении человека с огнетушителем в руках временные показатели

были выше, чем при доставке огнетушителей за спиной. Это объясняется тем, что на скорость доставки влияют такие показатели, как:

- масса огнетушителя (чем больше масса огнетушителя, тем сильнее смещение центра масс, и, как следствие, увеличение угла отклонения α , тем самым повышая значение ЧСС, который в свою очередь указывает на интенсивность физической нагрузки);

- габаритные размеры огнетушителя (во время движения участникам эксперимента приходилось переключать огнетушитель из одной руки в другую, особенно при доставке ОП-10) преодолевая дверные проемы, также участники эксперимента задевали огнетушителем элементы дверного проема и перегородки помещения, что в свою очередь влияло на скорость доставки ПСП).

Участники эксперимента, осуществляющие доставку огнетушителей по сценарию № 2 (за спиной) того же типоразмера, показали иной результат. Показатели ЧСС в среднем на 8,6 % ниже, что указывает на более низкую интенсивность физической нагрузки, особенно выражено при доставке огнетушителя ОП-10, масса которого составляет 14 кг, а разница ЧСС 15 %. Данные показатели обусловлены тем, что центр масс находится за спиной человека ($\alpha=0^\circ$), но в то же время на одной оси с вектором направления движения.

Габаритные размеры огнетушителя также не оказывали влияния на скорость движения, поскольку участникам эксперимента не приходилось переключать огнетушитель из руки в руку. Участники эксперимента могли открывать дверь любой удобной для них рукой, также присутствовала возможность доставки дополнительного противопожарного оборудования или ПСП к очагу пожара. Применение УПС окажет влияние на эффективность тушения пожаров на водном транспорте, а именно:

- сократится время доставки ПСП к очагу пожара;
- снизится интенсивность физической нагрузки при тушении пожара;
- повысится безопасность при передвижении по наклонным поверхностям (стационарным судовым трапам).

Описание УПС для доставки огнетушителей на транспорте и других потенциально опасных объектах

Подвесная система предназначена для сокращения времени доставки огнетушителя к очагу пожара и оперативного применения первичного средства пожаротушения на транспорте и других объектах.

В исходном положении подвесная система (рис. 3, 4) посредством болтовых соеди-

нений смонтирована на стене помещения защищаемого объекта и оснащена огнетушителем, закрепленным с помощью баллонных ремней. В случае необходимости доставки огнетушителя к очагу возгорания участник эксперимента отсоединяет ремень крепления подвесной системы, надевает на себя плечевой ремень, нажатием на педаль приводит в действие механизм тягового устройства, который разблокирует подвижную часть запорной арматуры. Для использования огнетушителя оператору необходимо потянуть рукой вниз за стропу, приводя таким образом универсальную подвесную систему в рабочее положение. Подвесная система содержит сменный огнетушитель, который крепится к раме подвесной системы посредством баллонных ремней.

На рис. 3, 4 представлен общий вид подвесной системы, закрепленной на стене объекта.

Цифрами обозначены: 1 – рама подвесной системы; 2 – баллонные ремни крепления огнетушителя; 3 – плечевой ремень; 4 – основание подвесной системы; 5 – стропа; 6 – подвижная часть запорной арматуры;

7 – основание крепежной системы; 8 – ремень крепления подвесной системы; 9 – педаль; 10 – механизм тягового устройства.

Для определения эффективности подвесной системы необходимо провести серию натурных испытаний по доставке ПСП по наклонным поверхностям (лестничные марши) и в условиях наклона палубы (качка судна) [15].

Для приведенных в табл. 2 экспериментальных данных определена расчетная эффективность [16] универсальной подвесной системы:

$$\phi_{ij}^{\text{п.с.}} = \frac{V_{\text{п.с. } ij}}{V_{\text{без п.с. } ij}} \quad (1)$$

где $V_{\text{п.с.}}$ – экспериментальные данные движения с огнетушителем за спиной,

$V_{\text{без п.с.}}$ – экспериментальные данные движения с огнетушителем в руках,

i – типоразмер огнетушителя,

j – номер этапа эксперимента, значения коэффициентов приведены в табл. 2.

Таблица 3. Расчетная эффективность УПС по экспериментальным данным

Типоразмер огнетушителя	Этап № 6	Этап № 7	Этап № 8	Этап № 9	Этап № 10
ОП-5	1,26	1,05	0,98	1,05	0,99
ОП-6	1,31	1,32	1,04	1,30	1,03
ОП-8	1,35	1,38	1,04	1,25	0,99
ОП-10	1,60	1,25	1,04	1,28	1,05

Заключение

Анализ эффективности УПС позволил сделать следующие заключение:

– на этапе № 6 зафиксирована самая высокая эффективность применения УПС, т.к. участнику эксперимента не приходилось поднимать огнетушитель с пола или извлекать из шкафа пожарного крана, а открепление УПС происходило в одно действие за счет конструктивных элементов, описанных выше. Чем больше масса и типоразмер огнетушителя, тем выше эффективность УПС;

– этапы № 7, 9 указывают, что на преодоление дверных проемов участники эксперимента тратили меньше времени, доставляя огнетушитель за спиной, соответственно эффективность доставки ПСП при помощи УПС выше, чем при доставке огнетушителя в руках;

– эффективность УПС на этапе № 8 была выше на 0,06, что не существенно повлияло на скорость доставки огнетушителя, как и на этапе № 10, где разница составила 0,03.

Список литературы

1. Кожевин Д. Ф., Естехин В. Г. Оценка эффективности применения огнетушителей на водном транспорте // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 4 (64). С. 8–20.
2. Анализ нормативных требований к огнетушителям, размещаемым на судах / Д. Ф. Кожевин, А. А. Таранцев, В. Г. Естехин

[и др.] // Морские интеллектуальные технологии, 2023. № 3 часть 1, С. 170–178. DOI: 10.37220/MIT.2023.61.3.017

3. Шарапов С. В., Крутолапов А. С., Копейкин Н. Н. Анализ информации о пожарах на судах и о практике их тушения в портах // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Том 26. № 1. С. 52–60.

4. Самигуллин Г. Х., Гремин Ю. В. Совершенствование методики оценки пожарной опасности на объектах водного транспорта в сложных природно-климатических условиях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 1 (65). С. 83–93.

5. Холщевников В. В., Самошин В. А. К вопросу о точности моделей индивидуально-поточного движения // Ройтмановские чтения: сборник материалов VII научно-практической конференции. 2019. С. 30–34.

6. Łozowicka D, Łozowicki A. Identification of factors having an impact on the moment of commencing the evacuation of people from a vessel. *Transport problems*, 2010, vol. 5., issue 2, pp. 59–64.

7. Azzi C., Pennycott A., Vassalos D. Evacuation simulation of shipboard fire scenarios. *Proceedings, fire and evacuation modeling technical conference*. Baltimore, Maryland, 2011.

8. Yoon-Ok Cho, Sol Ha, Kwang-Phil Park. Velocity-based egress model for the analysis of evacuation process on passenger ships. *Journal of marine science and technology*, 2016, vol. 24 (3), pp. 466–483. URL: <https://jmst.ntou.edu.tw/journal/vol24/iss3/12/> (дата обращения: 13.05.2024).

9. Murphy S.Ó., Brown K.N., Sreenan C. The EvacSim pedestrian evacuation agent model: development and validation. *Summer computer simulation conf. society for modeling & simulation international: proceedings*, 2013, p. 38.

10. Jaemin Lee, Hyuncheol Kim, Soonjo Kwon. Evacuation analysis of a passenger ship with an inclined passage considering the coupled effect of trim and heel. *International journal of naval architecture and ocean engineering*, 2022, vol. 14.

11. Andreadakis A., Dalaklis D. Evacuation of ships: Discovering the mishaps behind the casualties. *Journal of international maritime safety environmental affairs and shipping*, 2022, vol. 6 (2-3), pp. 135–140.

12. Andreadakis A., Dalaklis D. Evacuation of ships: Discovering the mishaps behind the casualties. *Journal of international maritime safety environmental affairs and shipping*, 2022, vol. 6 (2-3), pp. 135–140.

13. Шалявин Д. Н. Разработка научных основ планирования циклических работ при тушении пожаров: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 2.10.1. Иваново, 2024. 16 с.

14. Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов. М.: Наука, 1970. 287 с.

15. Самигуллин Г. Х., Гремин Ю. В. Совершенствование методики оценки пожарной опасности на объектах водного транспорта в сложных природно-климатических условиях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 1 (65). С. 83–93.

16. Метод многокритериальной оценки эффективности технических средств в организационно-технических системах / Д. Ф. Кожевин, А. В. Матвеев, Г. Х. Самигуллин [и др.] // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2023. № 4. С. 59–70. DOI: 10.61260/2218-130X-2024-2023-4-59-70. EDN: NWHMEP.

References

1. Kozhevin D. F., Estekhin V. G. Otsenka effektivnosti primeneniya ognnetushiteley na vodnom transporte [Evaluation of the efficiency of fire extinguishers use on water transport]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2022, vol. 4 (64), pp. 8–20.

2. Analiz normativnykh trebovaniy k ognnetushitelyam, razmeschaemim na sudah [Analysis of regulatory requirements for fire extinguishers placed on ships] / D. F. Kozhevin, A. A. Tarantsev, V. G. Estekhin [et al.]. *Morskie intellektualnye tehnologii*, 2023, vol. 3, issue 1, pp. 170–178. DOI: 10.37220/MIT.2023.61.3.017

3. Sharapov S. V., Krutolapov A. S., Kopeikin N. N. Analiz informatsii o pozharah na sudah i o praktike ih tusheniya v portah [Analysis of information on fires on ships and on the practice of extinguishing them in ports]. *Pozharovzryvbezopasnost'*, 2017, vol. 26, issue 1, pp. 52–60.

4. Samigullin G. H., Gremin U. V. Sovershenstvovanie metodiki otsenki pozharnoi opasnosti na ob'ektah vodnogo transporta v slozhnykh klimaticheskikh usloviyakh [Improving the methodology for assessing fire hazard at water transport facilities in difficult natural and climatic conditions]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2023, vol. 1 (65), pp. 83–93.

5. Holschevnikov V. V., Samoshin V. A. K voprosu o tochnosti modelei individual'nopotochnogo dvizheniya [On the issue of the accuracy of individual-flow movement models]. *Roytmanovskie chteniya: sbornik materialov VII nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2019. Pp. 30–34.

6. Łozowicka D, Łozowicki A. Identification of factors having an impact on the moment of commencing the evacuation of people from a vessel. *Transport problems*, 2010, vol. 5., issue 2, pp. 59–64.

7. Azzi C., Pennycott A., Vassalos D. Evacuation simulation of shipboard fire scenarios. *Proceedings, fire and evacuation modeling technical conference*. Baltimore, Maryland, 2011.

8. Yoon-Ok Cho, Sol Ha, Kwang-Phil Park. Velocity-based egress model for the analysis of evacuation process on passenger ships. *Journal of marine science and technology*, 2016, vol. 24 (3), pp. 466–483. URL: <https://jmst.ntou.edu.tw/journal/vol24/iss3/12/>

edu.tw/journal/vol24/iss3/12/ (дата обращения: 13.05.2024).

9. Murphy S.Ó., Brown K.N., Sreenan C. The EvacSim pedestrian evacuation agent model: development and validation. Summer computer simulation conf. society for modeling & simulation international: proceedings, 2013, p. 38.

10. Jaemin Lee, Hyuncheol Kim, Soonjo Kwon. Evacuation analysis of a passenger ship with an inclined passage considering the coupled effect of trim and heel. International journal of naval architecture and ocean engineering, 2022, vol. 14.

11. Andreadakis A., Dalaklis D. Evacuation of ships: Discovering the mishaps behind the casualties. Journal of international maritime safety environmental affairs and shipping, 2022, vol. 6 (2-3), pp. 135–140.

12. Andreadakis A., Dalaklis D. Evacuation of ships: Discovering the mishaps behind the casualties. Journal of international maritime safety environmental affairs and shipping, 2022, vol. 6 (2-3), pp. 135–140.

13. Shalyavin D. N. Razrabotka nauchnyh osnov planirovaniya tsiklicheskih rabot pri tushenii pozharov. Avtoreferat diss. kand. tehn. nauk [De-

velopment of scientific foundations for planning cyclical work in extinguishing fires. Cand. tech. sci. abstract of diss.]. Ivanovo, 2024. 16 p.

14. Finni D. Vvedenie v teoriyu planirovaniya eksperimentov [Introduction to the Theory of Experimental Design]. Moscow: Nauka, 1970. 287 p.

15. Samigullin G. H., Gremin Yu. V. Sovershenstvovanie metodiki otsenki pozharnoi opasnosti na ob'ektah vodnogo transporta v slozhnykh prirodno-klimaticheskikh usloviyakh [Improving the methodology for assessing fire hazard at water transport facilities in difficult natural and climatic conditions]. Problemy upravleniya riskami v tehnosfere, 2023, vol. 1 (65), pp. 83–93.

16. Metod mnogokriterial'noi otsenki effektivnosti tekhnicheskikh sredstv v organizatsionno-tekhnicheskikh sistemakh [Method of multi-criteria assessment of the effectiveness of technical means in organizational and technical systems] / D. F. Kozhevnikov, A. V. Matveev, G. H. Samigullin [et al.]. Nauchno-analiticheskii zhurnal "Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhbi MCHS Rossii", 2023, issue 4, pp. 59–70. DOI: 10.61260/2218-130X-2024-2023-4-59-70. EDN: NWHMEP.

Естехин Виталий Геннадьевич

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

адъюнкт 4 курса ЗФО факультета подготовки кадров высшей квалификации

E-mail: estekhin@inbox.ru

Estehin Vitaly Gennadievich

St. Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia,

Russian Federation, St. Petersburg

adjunct of the 4th year of the extramural studies, Faculty of Higher Training

E-mail: estekhin@inbox.ru