

УДК 330:614.846.9

DOI: 10.26140/anie-2021-1003-0099



©2021 Контент доступен по лицензии CC BY-NC 4.0.
This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЖАРНЫХ КАТЕРОВ

© Автор(ы) 2021

SPIN: 5788-2227

AuthorID: 489682

ResearcherID: AAL-4702-2020

ORCID: 0000-0001-9904-9864

ScopusID: 57202505137

ЯНЧЕНКО Арина Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита

*Санкт-Петербургский государственный морской технический университет
(190121, Россия, Санкт-Петербург, улица Лоцманская, 3, e-mail: yanchenko_au@mail.ru)*

Аннотация. Пожары могут возникать на судах и других объектах, расположенных на воде, что не уменьшает сложность борьбы с огнем в данной чрезвычайной ситуации. Для тушения таких пожаров и ликвидации их последствий используются специальные пожарные катера. В статье представлены основные технико-экономические характеристики и оперативно-тактические функции пожарных катеров и оборудования, предназначенного для тушения пожаров на судах и береговых объектах. Современные пожарные катера оборудованы разнообразными системами пожаротушения, и, следовательно, применяют разные способы тушения пожаров. Рассматриваются подходы к оценке и управлению эффективностью работы пожарного катера при тушении пожара на объекте, находящемся на воде или на берегу, с учетом представленных характеристик. Первый подход связан с ключевыми возможностями пожарного катера, он базируется на взаимосвязи относительной эффективности тушения пожара с оперативностью прибытия, водоизмещением катера и производительностью его оборудования. Второй подход опирается на математические модели управления движением, позволяющие контролировать маневренность пожарного катера, которая минимизирует время на тушение пожара. Возможен не только выбор одного подходов, но и совместное их использование.

Ключевые слова: пожарный катер, эффективность тушения пожара, подходы к оценке эффективности, системы пожаротушения, маневренность, управление движением

APPROACHES TO MANAGING THE EFFECTIVENESS OF FIRE FIGHTING USING FIRE BOATS

© The Author(s) 2021

YANCHENKO Arina Yurievna, candidate of economic sciences, associate professor,
associate professor of the department of accounting and audit

*State marine technical university of Saint-Petersburg
(190121, Russia, Saint-Petersburg, Lotsmanskaya street, 3, e-mail: yanchenko_au@mail.ru)*

Abstract. Fires can occur on ships and other objects located on water; however, it does not reduce the complexity of fighting fire in emergency. Special fire boats are used to extinguish such fires and eliminate their consequences. The article presents main technical and economic characteristics, operational and tactical functions of fire boats and equipment designed to extinguish fires on ships and coastal facilities. Modern fire boats are equipped with a variety of fire extinguishing systems; and, therefore, use different methods of extinguishing fires. Approaches to evaluating and managing the effectiveness of a fire boat in extinguishing a fire on an object located on the water or on the shore, taking into account the presented characteristics, are considered. The first approach is related to the key capabilities of a fire boat and is based on the relationship of the relative efficiency of fire extinguishing with the speed of arrival, the displacement of a boat and the performance of its equipment. The second approach is based on mathematical models of movement control that allow controlling maneuverability of a fire boat, which minimizes the time to extinguish a fire. It is possible to choose not only one approach, but also use them together.

Keywords: fire boat, fire extinguishing efficiency, approaches to efficiency assessment, fire extinguishing systems, maneuverability, movement control.

ВВЕДЕНИЕ

Пожары на водном транспорте и других объектах на воде очень опасны, хотя и происходят в окружении стихии, противостоящей огню. На всех судах и прочих объектах, располагающихся на воде, присутствуют автономные средства пожаротушения, но часто этого бывает недостаточно для борьбы со сложным пожаром. Тушением подобных пожаров и ликвидацией возникающих экологических последствий занимаются специальные пожарные суда. Как и при пожаре на суше, успех тушения пожара на водном объекте зависит от времени начала тушения, которое обусловлено быстрым оповещением с места возникновения пожара и высокой скоростью прибытия пожарного судна. Кроме этого, для быстрой локализации пожара огромное значение имеет маневренность пожарного судна, его способность за минимальное время подойти к основному очагу пожара и рационально применить все имеющиеся на борту противопожарные средства. Таким образом подтверждается актуальность оценки эффективности тушения пожара на водном объекте силами и средствами специального судна.

В этой связи большое значение имеют такие технико-экономические характеристики пожарного судна, как масса и габариты вспомогательного оборудования и су-

довой энергетической установки, которые могут влиять на скорость и маневренность. Массу и габариты можно оптимизировать путем снижения данных показателей у отдельных механизмов, а также за счет уменьшения их общего количества на судне в результате соответствующего многофункционального использования [1]. Специализированные пожарные суда имеют необходимое пожарное оборудование, что предполагает их использование только по назначению, напротив, многофункциональные суда, например буксиры с пожарным оборудованием, эффективно выполняют и буксировочные функции [2]. Разнообразие многофункциональных аварийно-спасательных судов усложняет выбор необходимого судна для тушения пожаров среди буксиров-спасателей, пожарных катеров, спасательных катеров-бонопостановщиков, водолазных судов и т. п. [3, 4, 5, 6].

МЕТОДОЛОГИЯ

В целях осуществления правильного выбора необходимо выделить характеристики пожарного судна, оказывающие непосредственное влияние на эффективность тушения пожара. Целесообразно использовать пожарное судно с хорошими мореходными качествами, маневренное, быстроходное, укомплектованное надежными приборами для поисково-спасательных работ. Такими

характеристиками обладает пожарный катер. Для предотвращения повреждения корпуса терпящего бедствие судна, пожарные катера снабжены отбойными устройствами, которые работают даже в штормовых условиях [7]. Современные пожарные катера могут быть оборудованы различными системами пожаротушения: водяного, кислотного, аэрозольного. Соответственно для разных способов тушения пожара на катерах присутствует разнообразное оборудование:

- насосы и лафетные стволы для тушения водой;
- система пенотушения для тушения механической пеной;
- водяные завесы;
- системы для тушения порошком.

В настоящее время активно обсуждается применение тонкораспыленной воды с пожарного катера, исследуется возможность подачи воздушно-механической пены низкой кратности от лафетных стволов, ведутся научные разработки по использованию лазерных установок для тушения пожаров [8, 9]. Таким образом, для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в естественных и искусственных акваториях предлагается использовать пожарный катер, который способен оказывать любую помощь самыми современными средствами, а также участвовать в спасении людей.

Наряду с пожарами на судах, не менее опасны пожары на береговых объектах и на морских нефте- и газодобывающих платформах, на плавучих буровых установках [10]. И в таких условиях пожарные катера хорошо себя зарекомендовали, они справляются с огнем, а также осуществляют профилактические работы на нефтегазодобывающих объектах. В случае ликвидации нефтяных загрязнений с пожарных катеров осуществляется подача биосорбента посредством многоствольного модуля импульсного распыления. Дальность подобного распыления позволяет катерам обрабатывать разливы нефти и нефтепродуктов, не входя в зону разлива, что очень удобно, так как после прохождения любого судна по нефтяной пленке, ее становится трудно ликвидировать. Помогает нейтрализовать разливы нефти использование именно биосорбента, поглощающего и перерабатывающего нефтяную пленку [11, 12].

Нельзя оставить без внимания и то, что пожарные катера активно участвуют в спасении людей и эвакуации горящего объекта [13, 14].

Таким образом, можно констатировать, что пожарные катера реализуют следующие основные функции [15]:

- тушение пожаров на судах и других объектах на воде;
- тушение пожаров на причалах и пирсах, в береговых зданиях и сооружениях;
- эвакуацию людей с горящего объекта;
- дежурство у причалов, судов и других объектов, перерабатывающих опасные грузы.

Рассмотрим обобщенные характеристики современных пожарных катеров и используемого на них противопожарного оборудования. Пожарный катер может иметь эксплуатационное водоизмещение от 15 до 125 тонн и осадку при полном водоизмещении до 1,2 метра. Скорость хода такого катера около 30 км/ч при дальности плавания 450–1400 км и автономности до трех суток. Мореходность катера достигает 5 баллов. Запас пенообразователя на пожарном катере находится в пределах от 2 до 4 м³, подача насосов около 100 л/с. Экипаж катера обычно состоит из 6–8 человек. Катер оснащен современными средствами связи, навигации и сигнализации, в том числе судовой станцией, коротковолновой радиустановкой и ультракоротковолновой радиотелефонной станцией, аварийным радиобуем, радиолокационным оборудованием.

Противопожарное оборудование катера может включать:

- 4 насоса с автоматизированным управлением с по-

дачей 80 л/с каждый;

- 2 лафетных стационарных ствола с дистанционным управлением и расходом 60 л/с;
- 1 лафетный ствол с расходом 90 л/с;
- 2 переносных лафетных ствола с расходом 20 л/с;
- 4 стационарных пеногенератора;
- 1 передвижной пеногенератор.

На пожарных катерах обычно имеются системы водяной завесы, гидравлический кран-манипулятор и рабочая шлюпка с подвесным мотором для размещения до 10 человек. Отдельные катера оснащены оборудованием для поставки порядка 100 м легких боновых заграждений с целью нефтесбора и проведения дезактивации, и компрессором для заправки баллонов, обеспечивающих работу троих легких водолазов. Конструкция пожарного катера позволяет ему находиться в эксплуатации круглый год и тушить пожары на судах всех классов и на береговых объектах, тушить горящее на воде топливо и участвовать в спасательных операциях [16].

После описания основных характеристик и функций пожарного катера, необходимо определиться с наиболее значимыми для оценивания его работы. Первый подход к управлению эффективностью тушения пожара с использованием пожарного катера связан с его оперативно-тактическими функциями. При этом можно использовать не весь спектр возможностей катера, а определенные характеристики, например показатель подачи пожарного насоса, запас пенообразователя, водоизмещение, скорость. Такой способ оценки эффективности для всех видов пожарных судов с использованием формулы (1) предложен коллективом следующих авторов: А.И. Пичугин, Д.Г. Мичудо, Н.В. Навяня, К.Ю. Яковенко [15]. Стоит обратить внимание, что номенклатура показателей в формуле (1) назначается специалистами по созданию и эксплуатации пожарных судов.

$$\Xi_0 = \frac{W \cdot Q_n}{M} \cdot V, \quad (1)$$

где Ξ_0 – относительная эффективность тушения с учетом оперативности прибытия.

W – запас пенообразователя, т (м³);

Q_n – суммарная подача насосов, л/с;

M – водоизмещение судна, т;

V – скорость плавания, км/ч;

Формула (1) может использоваться для оценки и управления эффективностью не только существующих, но и разрабатываемых судов, в том числе пожарных катеров. В этом случае необходимо в оценке учесть стоимость самого проекта и дальнейшего изготовления пожарного катера. Для детальной проработки оперативно-тактических возможностей катера предлагается совершенствовать имеющуюся формулу (1), добавлять в нее показатели дальности плавания, расход стволов и другие характеристики.

Перспективными показателями эффективной работы пожарного катера, которые также можно варьировать, являются:

- высокая маневренность;
- легкость эксплуатации;
- высокий уровень автоматизации;
- централизация управления;
- безопасность пилотирования;
- возможность работы в ледовых условиях;
- продуманная комплектация оборудования;
- небольшая шумность;
- низкая вибрация;
- удобное расположение оборудования;
- комфортабельные помещения для работы и отдыха [17].

Второй подход к регулированию эффективности работы пожарного катера непосредственно связан с его управлением. Хорошая управляемость катера

повышает его маневренность, что способствует минимизации времени тушения пожара. Этот важный момент необходимо выделить, поскольку эффективность использования пожарных катеров для тушения пожаров на судах различных типов зависит от состава и возможностей имеющегося на катере противопожарного оборудования. Но оптимально использовать оборудование можно только быстро меняя локацию. Следовательно, способы применения оборудования и скорость тушения напрямую связаны с маневренными возможностями пожарного катера.

В акватории порта высокой управляемости и безопасности можно добиться у дистанционно управляемых безэкипажных катеров [18]. Проекты безэкипажных катеров разрабатываются разными компаниями, но всегда особое внимание уделяется маневренности. Часто подобное судно снабжается системой динамического позиционирования с двумя подруливающими устройствами [19]. Однако пожары на судах случаются не только в акватории порта.

Для решения задач тушения горящего судна или ликвидации пожара на береговом объекте моделирование движения пожарного катера может осуществляться различными математическими методами:

- аналитическим описанием свободного или управляемого движения с использованием систем обыкновенных дифференциальных уравнений;
- решением исходных дифференциальных уравнений в виде записи в интегральной форме;
- описанием движения в виде системы конечно-разностных уравнений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Перечисленные виды математических моделей, описывающих движение пожарного катера во время тушения пожара, имеют свои плюсы и минусы;

- достоинством аналитической модели является краткая запись и возможность изменения условия задачи решения системы дифференциальных уравнений;
- плюсом интегральной формы является наглядное представление решаемой задачи с использованием структурных схем и стандартных решающих элементов;
- с помощью конечно-разностных уравнений возможно создать алгоритм решения задачи маневрирования и реализовать его на алгоритмических языках.

Проблема построения модели маневрирования пожарного катера заключается в выборе формы алгоритмического описания процесса управления пожарным катером [20]. Решение может быть найдено с использованием возможностей современной вычислительной техники и применением численных методов интегрирования дифференциальных уравнений движения пожарного катера.

Пусть дифференциальное уравнение $y' = f(x, y)$ описывает маневрирование пожарного катера, где y представляет собой зависимую переменную, а x – независимую переменную обыкновенного дифференциального уравнения.

Тогда формула

$$y_{n+k} = F(f; x_{n+k}, x_{n+k-1}, \dots, x_n; y_{n+k}, y_{n+k-1}, \dots, y_n) \quad (2)$$

является общим видом аппроксимации дифференциального уравнения.

На практике решение дифференциальных уравнений производится в специализированной инструментальной среде MatLab, где пользователем задаются все необходимые параметры с использованием панели ввода данных в MatLab (рис. 1).

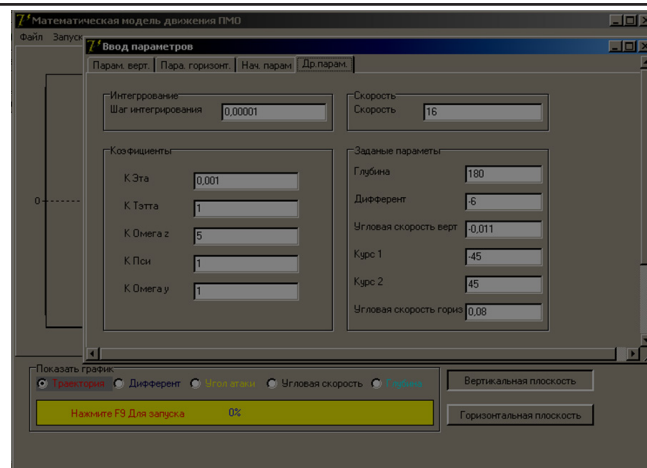


Рисунок 1 - Панель ввода исходных данных для решения дифференциальных уравнений

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на актуальность темы тушения пожара на объекте, расположенном на воде или на берегу, параллельное рассмотрение двух подходов к оценке и управлению эффективностью работы пожарного катера при тушении подобного пожара в доступных источниках предложено не было.

ВЫВОДЫ

Процедура численного решения дифференциальных уравнений, описывающих математическую модель движения пожарного катера, может быть модифицирована в зависимости от возникшей чрезвычайной ситуации, пожара на объекте водного транспорта или в береговом сооружении.

Таким образом, тушение пожара на судах различных типов и в береговых зданиях и сооружениях является сложной задачей, решение которой не является однозначным. Использование пожарных катеров позволяет увеличить скорость и минимизировать потери при тушении пожара, что доказывает эффективность данного процесса. Управлять эффективностью тушения пожара силами и средствами пожарного катера можно, используя разные подходы. Первый подход основан на оперативно-тактических характеристиках пожарного катера. Второй подход позволяет построить математическую модель движения пожарного катера и оценить его маневренность. Для управления эффективностью тушения пожара возможен выбор любого подхода, а также совместное их использование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зеленский В.И., Владецкий Д.О. Повышение эффективности эксплуатации пожарных катеров, оборудованных водометными насосами высокой быстроходности // Эксплуатация морского транспорта. 2017. № 2 (83). С. 42-47.
2. Егоров Г.В., Тонюк В.И. Инновационный концепт многофункционального мелкосидящего аварийно-спасательного судна-буксира с арктическим ледовым классом типа «Бахтемир» пр. MPSV12 // Судостроение. 2020. № 5 (582). С. 14-22.
3. Баскин Ю.Г., Свидзинская Г.Б. Реализация государственной программы обновления аварийно-спасательного флота Российской Федерации на отечественных верфях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 3 (43). С. 123-129.
4. Илюхин В.Н. О развитии судов аварийно-спасательной службы военно-морского флота // Судостроение. 2021. № 1 (854). С. 59-68.
5. Егоров Г.В., Черников Д.В. Многофункциональный пожарный буксир проекта TG17 // Судостроение. 2020. № 6 (853). С. 10-14.
6. Илюхин В.Н. О развитии судов поисково-спасательного назначения // Судостроение. 2018. № 1(836). С. 16-20.
7. Изотов С.С., Свидзинская Г.Б. Направления и перспективы развития аварийно-спасательного флота России // В сборнике: Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Составитель Н.В. Федорова. 2016. С. 83-87.
8. Навроцкий О.Д., Романенко Я.А., Камлюк А.Н., Грачулин А.В. Экспериментальные исследования подачи воздушно-механической пены низкой кратности от лафетных стволов: результаты и рекомендация // Научные и образовательные проблемы гражданской

защиты. 2018. № 2 (37). С. 64-72.

9. Руднев Е.В. О проблемах пожаротушения в морских портах и на судах в условиях низких температур // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 1 (21). С. 43-52.

10. Игнатович В.С., Кузьмина А.В. Основные риски возникновения аварийных ситуаций на плавучих буровых установках и мероприятия по их снижению // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2019. № 4-2 (336). С. 29-38.

11. Захматов В.Д., Чернышев М.В., Щербак Н.В. Технология распыления биосорбентов для масштабной локализации разливов нефти на море и в гаванях (часть 2) // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 1.

12. Грищук Н.А. Реабилитация акватории после разлива нефти и нефтепродуктов // Точная наука. 2020. № 81. С. 15-25.

13. Кузовлев А.В., Бидалов К.М. О эффективности использования пожарных катеров при тушении пожаров на морском транспорте // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2019. № 1 (10). С. 194-195.

14. Тимошков В.Ф. Особенности подготовки по взаимодействию служб экстренной помощи // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 2 (6). С. 416-418.

15. Башаричев А.В., Скрипник И.Л. Вопросы применения аварийно-спасательных судов для тушения пожаров // В сборнике: Актуальные вопросы пожаротушения. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 5-8.

16. Пичугин А.И., Мичудо Д.Г., Навценя Н.В., Яковенко К.Ю. Некоторые направления создания пожарных судов и оценки их эффективности // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2020. № 58-59. С. 30-37.

17. Бесперстов С.А., Пучков В.Н. Анализ итогов строительства рейдовых судов и катеров обеспечения ВМФ России // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации. 2019. № 1 (11). С. 27-45.

18. Ишанин А.В., Петров Р.Г. Системы управления безэкипажными кораблями и комплексами // Системы управления и обработки информации. 2020. № 4 (51). С. 13-19.

19. Зарубежная информация // Судостроение. 2018. № 3. С. 66-68.

20. Ключ В.В., Янченко А.Ю. Разработка моделей системы информационного обеспечения безопасности промышленных объектов // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2013. №4. С. 31-38.

Статья поступила в редакцию 31.03.2021

Статья принята к публикации 27.08.2021