

Научная статья

УДК 614.84; DOI: 10.61260/2307-7476-2024-1-46-52

## **ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ СУДОСТРОЕНИЯ**

✉ Мельникова Ксения Романовна;

Калашников Роман Анатольевич;

Орлов Григорий Викторович.

Специальное управление ФПС № 50 МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ ksenia\_sher@bk.ru

*Аннотация.* Почти ежегодно на строящихся и ремонтируемых судах и кораблях происходят пожары. В случае судоремонтных доков и верфей эвакуация людей при пожаре осложнена объемом пожароопасных и огневых работ. Для решения этой проблемы предлагается использовать технологию искусственного интеллекта, которая позволит учитывать место возгорания, скорость распространения пожара и влияние опасных факторов пожара.

Для оптимизации и повышения эффективности оформления документов предлагается использовать технологию «больших данных» (Big Data). Она позволит получать и анализировать одновременно несколько десятков процессов, происходящих на объекте: проведение регламентных работ, исправность систем противопожарной защиты и наличие квалификации у работника, выполняющего огневые работы.

Практическая значимость предложенных мер заключается в их использовании для повышения эффективности профилактики пожаров на объектах судостроения.

*Ключевые слова:* профилактика пожаров, цифровизация профилактики пожаров, пожарная безопасность объектов судостроения

**Для цитирования:** Мельникова К.Р., Калашников Р.А., Орлов Г.В. Интеграция цифровых технологий в обеспечение пожарной безопасности объектов судостроения // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2024. № 1 (49). С. 46–52. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-1-46-52.

Scientific article

## **INTEGRATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN ENSURING FIRE SAFETY OF SHIPBUILDING FACILITIES**

✉ Melnikova Ksenia R.;

Kalashnikov Roman A.;

Orlov Grigory V.

Special directorate of the FPS № 50 of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ ksenia\_sher@bk.ru

*Abstract.* Fires occur almost every year on ships and ships under construction and repair. In the case of ship repair docks and shipyards, evacuation of people in case of fire is complicated by the volume of fire-hazardous and fire works. To solve this problem, it is proposed to use artificial intelligence technology, which will take into account the place of ignition, the rate of fire spread and the influence of fire hazards.

To optimize and improve the efficiency of paperwork, it is proposed to use the technology of «big data» (Big Data). It will allow you to receive and analyze simultaneously several dozen processes taking place at the facility: routine maintenance, serviceability of fire protection systems and the availability of qualifications for an employee performing fire work.

The practical significance of the proposed measures lies in their use to increase the effectiveness of fire prevention at shipbuilding facilities.

*Keywords:* fire prevention, digitalization of fire prevention, fire safety of shipbuilding facilities

**For citation:** Melnikova K.R., Kalashnikov R.A., Orlov G.V. Integration of digital technologies in ensuring fire safety of shipbuilding facilities // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2024. № 1 (49). P. 46–52. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-1-46-52.

Почти ежегодно на строящихся и ремонтируемых судах и кораблях происходят пожары. По данным «РИА Новости» в период с 2015 по 2022 г. на судостроительных заводах и верфях произошло 25 крупных пожаров [1–3]. В Северо-Западном федеральном округе с 2015 по 2019 г. на морских и речных судах в совокупности произошло 82 пожара. Отметим, что в это число не входят незарегистрированные возгорания, которые были потушены силами работников заводов и верфей [4]. Срок восстановления судна (корабля) после пожара значительный.

В подавляющем большинстве причиной пожаров являлось грубое нарушение требований пожарной безопасности при проведении пожароопасных и огневых работ во время строительства и ремонта судов и кораблей.

Судостроительные и судоремонтные заводы и верфи относятся к особо важным и режимным объектам, профилактику пожаров на которых осуществляет специальная пожарная охрана МЧС России. Профилактика пожаров предусматривает обеспечение соблюдения требований пожарной безопасности путем исключения возможности возникновения пожара и ограничения его последствий. Исходя из технических особенностей, возникающих при строительстве и ремонте судов (кораблей), профилактика пожаров сводится к контролю за соблюдением требований пожарной безопасности при проведении пожароопасных и огневых работ, соблюдению правил хранения и контролю соответствия требованиям пожарной безопасности эвакуационных путей и выходов.

В связи с технологическими особенностями профилактику пожаров на объектах судостроения (судоремонта) возможно разделить на три группы:

1. Профилактика пожаров при проведении пожароопасных и огневых работ.
2. Контроль соответствия эвакуационных путей требованиям пожарной безопасности.
3. Обеспечение эвакуации людей при возникновении пожара.

Факторами риска возникновения пожаров на строящихся и ремонтируемых судах (кораблях) является:

- большое количество проводимых одновременно пожароопасных и огневых работ (около трехсот в сутки) [4];
- высокий износ технологического оборудования [5];
- отсутствие функционирующих систем противопожарной защиты (СППЗ);
- человеческий фактор.

Проведение огневых и пожароопасных работ регламентируется гл. XVI «Пожароопасные работы» Правил противопожарного режима [6] (Правила). Согласно п. 372 Правил на проведение огневых работ оформляется наряд-допуск. Из практики известно, что в большинстве случаев наряд-допуск представляет собой документ в распечатанном виде с «живыми» подписями лиц, ответственных за проведение огневых или пожароопасных работ.

Для подготовки одного документа сотруднику, ответственному за проведение работ, необходимо проверить вид работ, место их проведения, наличие допуска к пожароопасным и огневым работам у лица, производящего работы, а также подготовку места проведения работ в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Оформление одного документа занимает определенное время. Однако ремонт и строительство судов (кораблей) подразумевает проведение более сотни пожароопасных работ в течение рабочей смены. В виду объема проводимых работ, сложным и трудоемким является процесс поиска и анализа информации о работах с горючими материалами в непосредственной близости от планируемых огневых и пожароопасных работ. В результате возможны ошибки, качество оформления документов снижается, в них вносятся недостоверные сведения. Каждая такая ошибка может привести к пожару.

Для оптимизации и повышения эффективности оформления документов предлагается использовать технологию «больших данных» (Big Data). Использование данной технологии в профилактической работе позволит получать и анализировать одновременно несколько десятков процессов, происходящих на объекте. Уже сейчас имеются отечественные разработки (например, компании «1С») [7], позволяющие автоматизировать «процесс учета,

планирования, контроля и формирования аналитической отчетности по пожарной безопасности в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации, отраслевой и корпоративной специфики». Функциональные особенности программного обеспечения заключаются в наличии нескольких подсистем, связанных между собой. Так, например, проведение регламентных работ и технического обслуживания связано с помощью общей системы с регистрацией нарядов-допусков. Синхронизация отдельных процессов позволяет учитывать одновременно несколько факторов: проведение работ, исправность систем противопожарной защиты на участке работ и наличие квалификации у работника, выполняющего пожароопасные работы [5]. Внедрение подобной программы для регистрации, учета и контроля пожароопасных и огневых работ позволит аккумулировать данные в одном ресурсе, применять их с большей точностью и автоматизировать функцию контроля, снизив влияние человеческого фактора. Технология «больших данных» может использоваться при определении необходимого минимума специалистов в службе (отделе) пожарной безопасности.

Другим фактором риска при проведении огневых и пожароопасных работ является высокий износ технологического оборудования. Согласно п. 363 Правил после завершения огневых работ должно быть обеспечено наблюдение за местом проведения работ в течение не менее 2 ч. Также в течение рабочей смены должен производиться контроль загромождения эвакуационных путей и выходов, ограничения наличия горючих веществ, для чего необходимо присутствие на объекте контролирующих должностных лиц. Однако численность сотрудников организации, ответственных за пожарную безопасность объекта, и сотрудников специальной пожарной охраны МЧС России не сопоставима с объемами и темпами работ. Отсутствие функционирующих СППЗ (систем оповещения и эвакуации людей при пожаре, систем пожаротушения) снижает скорость реагирования пожарных подразделений и эвакуации людей.

Соответственно, с одной стороны, необходимо повышать культуру соблюдения требований пожарной безопасности работников объекта, с другой – искать эффективные способы наблюдения и контроля за проведением пожароопасных работ на объекте.

В связи с этим предлагается использовать технологии видеоаналитики и сенсорики, которые позволяют воспринимать и анализировать информацию. Портативные устройства позволяют отследить повышение концентрации газов, температуры окружающей среды, изменение цвета и яркости изображения, появление дыма или открытого горения. Наряду с этим, технологии могут собирать данные о климатических условиях и погоде, анализировать их и предупреждать оператора о возможных рисках. В дежурном режиме устройства видеоаналитики будут выполнять роль интеллектуального пожарного извещателя. Современные технологии позволяют встроить устройства в автоматизированную систему управления технологическим процессом, что, в свою очередь, обеспечит минимальное участие человека в контроле места проведения пожароопасных работ. Замена наблюдающего средствами видеонаблюдения, анализирующими изображение в автоматическом режиме и передающими информацию для контроля и хранения в помещение с круглосуточным пребыванием людей (пожарный пост, диспетчерскую и т.п.), позволит повысить качество контроля за местом проведения работ.

Фактором риска при обеспечении эвакуации людей при пожаре являются объемно-планировочные решения объектов судостроения (судоремонта). На строящихся и ремонтируемых судах (кораблях) это:

– небольшая площадь (от 4 до 6,5 кв. м) и объем жилых и служебных помещений (6,0 куб. м), а также ширина коридоров (от 0,7 и 0,9 м). Планировка обусловлена численностью экипажей – около 20–25 чел. (согласно СанПиН 2.5.2-703-98. 2.5.2. Водный транспорт. Суда внутреннего и смешанного (река-море) плавания. Санитарные правила и нормы). Однако строительные-монтажные работы на судне могут осуществлять одновременно до 1 000 человек. При возникновении пожара в ходе строительных и ремонтных работ в указанных помещениях затрудняется выход из них и передвижение

наружу, возникает скопление людей и повышается риск воздействия на них опасных факторов пожара;

- сложная и разветвленная система коридоров и трапов, которая в процессе строительства судна (корабля) может претерпевать существенные изменения. Количество эвакуационных выходов на берег зачастую ограничено двумя трапами;

- использование нестандартных путей эвакуации и выходов. В качестве эвакуационных выходов на судах (кораблях) в некоторых местах применяются люки (лазы) размерами 0,45 x 0,6 м или диаметром 0,5 м. Ширина открытой ступеньки трапа, в том числе на путях эвакуации – 0,16 м.

- машинное отделение на судне (корабле) представляет собой, как правило, двух- и более этажное помещение с коридорами и лестницами указанных выше размеров. При этом машинное отделение имеет повышенную пожарную нагрузку в связи с размещением в них двигателей, генераторов, топливной системы, системы очистки машинного масла, а также иных электроустановок и электрооборудования.

Предлагается использовать технологию моделирования развития пожара и распространения его опасных факторов. Технология моделирования уже активно используется при проектировании судов и кораблей для создания прототипов строящихся судов. Два проекта моделирования пожара, разработанных Крыловским государственным научным центром (КГНЦ) позволят учитывать геометрию корабля, теплофизические свойства конструкций, распределение горючих материалов, расположение систем СППЗ, технические характеристики элементов. Первый проект на базе пакета программ инженерного анализа «Логос» предполагает моделирование и может происходить по двум сценариям: оценка компоновки (расположения) оборудования по помещениям и статистическое моделирование. Второй проект КГНЦ предполагает уже динамическое моделирование и учет систем, устанавливаемых на строящемся судне (корабле). Проект на базе программного обеспечения Simintech позволит решать задачи создания энергетических установок объектов с электродвижением. Разработку проектов в рамках импортозамещения планируется закончить к середине 2025 г.

Существующие в настоящее время программы зарубежного производства, функционирующие в России: FDS – Fire Dynamics Simulator, CFAST – Consolidated Fire and Smoke Transport, FireFoam, Pathfinder. Несмотря на многообразие ресурсов, основными проблемами указанных программных комплексов являются:

- ресурсы не позволяют осуществить расчет на крупных промышленных объектах;
- высокая стоимость программного обеспечения;
- длительность моделирования одного пожара (от нескольких дней до нескольких недель).

Результаты прогнозирования возникновения и развития пожара на строящихся и ремонтируемых судах (кораблях), полученные с помощью моделирования, позволят разрабатывать обоснованные и эффективные дополнительные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, снизить воздействие опасных факторов пожара на работников и сократить ущерб, а также спланировать оптимальные действия пожарных подразделений по тушению.

В случае судоремонтных доков и верфей эвакуация людей при пожаре осложнена объемом пожароопасных и огневых работ. Зачастую существующие планы эвакуации не обеспечивают работников достаточной информацией, потому как не отражают специфики проводимых на объекте работ.

Потому, помимо технологии моделирования, для судоремонтных доков и верфей предлагается использовать интерактивные планы эвакуации людей при пожаре. Интерактивный план эвакуации позволит учитывать место возгорания, скорость распространения пожара и влияние опасных факторов пожара. Для создания интерактивного плана возможно использование технологии искусственного интеллекта. Технология искусственного интеллекта

характеризуется обучаемостью, спектром конкретных параметров и алгоритмом принятия решения. Используя нейросеть для анализа возможных вариантов, интерактивный план предоставит самый быстрый и безопасный путь эвакуации из любого помещения объекта [8, 9].

Нейросеть также возможно использовать для управления средствами пожаротушения. Примером использования искусственного интеллекта служит комбинация интеллектуального анализа данных и теории пожаротушения – компонент бизнес-аналитики сервера Microsoft SQL. Технология осуществляет сбор и анализ данных о процессах пожаротушения с помощью часто используемых алгоритмов. Проведение кластерного анализа, использование временных рядов и дерева решений – технология позволяет следить за процессом пожаротушения и анализировать пожары.

Алгоритмы искусственного интеллекта, связанные с пожарными извещателями, позволят организовать систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре согласно сложившейся ситуации [10], контролировать открытие дверей на путях эвакуации.

Нейросеть возможно использовать и при моделировании пожаров. Нынешние «калькуляторы» (примеры приведены выше) в сравнении с нейросетью обладают следующими недостатками:

- не позволяют производить расчет без проектной документации;
- результаты, предоставленные разными инженерами, могут существенно отличаться;
- сложность проверки результатов;
- ограниченное количество сценариев развития пожара;
- невозможность оценить эффективность обеспечения мер пожарной безопасности и избыточности конструктивных решений;
- невозможность накопления знаний и опыта.

Алгоритмы нейросети при качественной настройке способны устранить все недостатки «калькуляторов».

Таким образом, перспективными путями развития профилактической деятельности видятся:

- применение программных комплексов моделирования развития пожара и распространения его опасных факторов в процессе разработки мероприятий по обеспечению пожарной безопасности строящихся кораблей и судов;
- цифровизация профилактической работы путем использования информационных систем при учете и контроле пожароопасных и огневых работ.

### Список источников

1. ЧП и аварии на судостроительных заводах и верфях в России в 2015–2022 годах. URL: <https://ria.ru/20220802/avarii-1806662779.html> (дата обращения: 17.01.2024).
2. Маюров Н.П., Макаров Д.А. Обеспечение национальной безопасности в рамках использования Северного морского пути // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2023. № 4 (61). С. 43–49.
3. Бразовская Я.Е. Транспортно-логистическое обеспечение безопасности в Арктике // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2023. № 4 (61). С. 38–42.
4. Лыткин А.С., Любимов Е.В., Гремин Ю.В. Некоторые направления совершенствования ведомственной нормативной базы по пожарной безопасности в судостроении // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 29–33.
5. Сухоловская П.В. Обеспечение пожарной безопасности на судостроительном заводе // Актуальные исследования. 2023. № 6 (136). Ч. I. С. 40–45.
6. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 16 сент. 2020 г. № 1479 (в ред. от 24 окт. 2022 г.) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2020. № 39. Ст. 6056.

7. 1С: Производственная безопасность. Пожарная безопасность. URL: [https://solutions.1c.ru/catalog/ehs\\_firesaf/features](https://solutions.1c.ru/catalog/ehs_firesaf/features) (дата обращения: 17.01.2024).

8. Коткова Е.А., Матвеев А.В. Методика интеллектуального прогнозирования эффективности управления эвакуацией людей из общественных зданий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 4. С. 107–120. EDN PLARHX.

9. Мельников Г.О., Турсенев С.А. Интеграция технологии искусственного интеллекта для повышения эффективности эвакуации людей при пожаре // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. №. 4 (48). С. 30–36. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2023-4-30-36.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611075. Рос. Федерация. Система прогнозирования эффективности эвакуации из зданий с использованием нейронных сетей «Evoneural»: № 2022610416: заявл. 13.01.2022: опубл. 19.01.2022 / Е.А. Коткова, А.В. Матвеев; заявитель С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России. EDN XPWWGT.

## References

1. ЧП и аварии на судостроительных заводах и верфях в России в 2015–2022 годах. URL: <https://ria.ru/20220802/avarii-1806662779.html> (дата обращения: 17.01.2024).

2. Mayurov N.P., Makarov D.A. Obespechenie nacional'noj bezopasnosti v ramkah ispol'zovaniya Severnogo morskogo puti // Pravo. Bezopasnost'. Chrezvychajnye situacii. 2023. № 4 (61). S. 43–49.

3. Brazovskaya Ya.E. Transportno-logisticheskoe obespechenie bezopasnosti v Arktike // Pravo. Bezopasnost'. Chrezvychajnye situacii. 2023. № 4 (61). S. 38–42.

4. Lytkin A.S., Lyubimov E.V., Gremin Yu.V. Nekotorye napravleniya sovershenstvovaniya vedomstvennoj normativnoj bazy po pozharnej bezopasnosti v sudostroenii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 1. S. 29–33.

5. Suholovskaya P.V. Obespechenie pozharnej bezopasnosti na sudostroitel'nom zavode // Aktual'nye issledovaniya. 2023. № 6 (136). Ch. I. S. 40–45.

6. Ob utverzhdenii Pravil protivopozharnogo rezhima v Rossijskoj Federacii: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 16 sent. 2020 g. № 1479 (v red. ot 24 okt. 2022 g.) // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2020. № 39. St. 6056.

7. 1С: Производственная безопасность. Пожарная безопасность. URL: [https://solutions.1c.ru/catalog/ehs\\_firesaf/features](https://solutions.1c.ru/catalog/ehs_firesaf/features) (дата обращения: 17.01.2024).

8. Kotkova E.A., Matveev A.V. Metodika intellektual'nogo prognozirovaniya effektivnosti upravleniya evakuaciej lyudej iz obshchestvennyh zdaniy // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 4. S. 107–120. EDN PLARHX.

9. Mel'nikov G.O., Tursenev S.A. Integraciya tekhnologii iskustvennogo intellekta dlya povysheniya effektivnosti evakuacii lyudej pri pozhare // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2023. №. 4 (48). S. 30–36. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2023-4-30-36.

10. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2022611075. Ros. Federaciya. Sistema prognozirovaniya effektivnosti evakuacii iz zdaniy s ispol'zovaniem nejronnyh setej «Evoneural»: № 2022610416: zayavl. 13.01.2022: opubl. 19.01.2022 / E.A. Kotkova, A.V. Matveev; zayavitel' S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii. EDN XPWWGT.

**Информация о статье:**

Поступила в редакцию: 25.01.2024

Принята к публикации: 19.02.2024

**The information about article:**

Article was received by the editorial office: 25.01.2024

Accepted for publication: 19.02.2024

*Информация об авторах:*

**Мельникова Ксения Романовна**, инспектор группы профилактики пожаров специальной пожарно-спасательной части № 22 Специального отдела № 2 Специального управления ФПС № 50 МЧС России (192012, Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 136), e-mail: ksenia\_sher@bk.ru SPIN-код: 7487-8250

**Калашников Роман Анатольевич**, заместитель начальника управления – начальник отдела федерального государственного пожарного надзора Специального управления ФПС № 50 МЧС России (192012, Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 136), e-mail: romul1980@bk.ru

**Орлов Григорий Викторович**, начальник нормативно-технического отделения отдела Федерального государственного пожарного надзора Специального управления ФПС № 50 МЧС России (192012, Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 136), e-mail: naukagps@gmail.com, SPIN-код: 6875-1816

*Information about the authors:*

**Melnikova Ksenia R.**, inspector of the fire prevention group of the special fire and rescue unit № 22 of the Special department № 2 of the Special directorate of the FPS № 50 of EMERCOM of Russia (192012, Saint-Petersburg, Obukhovskaya oborona ave., 136), e-mail: ksenia\_sher@bk.ru SPIN: 7487-8250

**Kalashnikov Roman A.**, deputy head of the department – head of the federal state fire supervision department of the Special directorate of FPS № 50 of EMERCOM of Russia (192012, Saint-Petersburg, Obukhovskaya oborona ave., 136), e-mail: romul1980@bk.ru

**Orlov Grigory V.**, head of the regulatory and technical department of the Federal state fire supervision department of the Special directorate of the FPS № 50 of EMERCOM of Russia (192012, Saint-Petersburg, Obukhovskaya oborona ave., 136), e-mail: naukagps@gmail.com, SPIN: 6875-1816