

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

В.С. Звонов, кандидат физико-математических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Д.А. Бледнов.

Первый Центральный научно-исследовательский институт МО РФ.

А.Л. Стариченков, кандидат технических наук, доцент.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН

Рассмотрены новые направления в диагностировании и прогнозировании пожаров на транспорте. В современных условиях актуальность решения задачи по обеспечению пожарной безопасности не только не уменьшается, но и возрастает. Опыт эксплуатации показывает, что вероятность возникновения аварий на морских и речных транспортных средствах остается достаточно высокой. Несмотря на жесткие требования, предъявляемые к надежности общесудовых и технических средств, аварии на объектах имеют место, что подтверждает ставший уже доказанным вывод о невозможности достижения безаварийности только за счет повышения надежности.

Ключевые слова: авария, безаварийность, вероятность, диагностирование, морской и речной транспорт, надёжность, пожарная безопасность, прогнозирование, технические средства

INFORMATION PARAMETERS OF FIRE SAFETY ON VEHICLES

V.S. Zvonov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

D.A. Blednov. The 1-st the Central Scientific Research Institute of Russia Ministry of Defence.

A.L. Starichenkov. Institute of problems of transport after N.S. Solomenko of the Russian Academy of Science

In modern conditions the urgency of the decision of a problem on maintenance of fire safety not only does not decrease, but also grows. Operating experience shows, that the probability of occurrence of failures on sea and river vehicles remains enough high. Despite of the rigid requirements showed to reliability общесудовых and means, failures on objects take place, that confirms, becoming already proved, a conclusion about impossibility of achievement безаварийности only due to increase of reliability. The article is devoted to new directions in diagnosing and forecasting of fires on courts.

Key words: failure, probability, diagnosing, sea and river transport, reliability, fire safety, forecasting, means

Известно, что в общем случае аварии возникают по нескольким причинам. Среди них можно назвать, в частности, ошибки, заложенные в самой конструкции транспортных средств, нарушения правил эксплуатации из-за низкой квалификации обслуживающего персонала и его халатности, дефекты при производстве и т.д. Вполне очевидно, что

устранение этих причин представляет собой многоаспектную задачу, успешное решение которой возможно лишь при системном подходе к проблеме безопасности в целом.

Не менее важным обстоятельством является наличие на судне источников различных видов опасности (химической, радиационной, взрывопожарной и т.д.), имеющих различную природу и характер воздействия и по этой причине требующих применения различных методов и средств для контроля их состояния. Это обстоятельство существенно затрудняет разработку и реализацию унифицированных методов и средств контроля состояния источников радиационной, химической и взрывопожарной опасности на судне и делает решение всей этой задачи в целом далеко не тривиальным. Вместе с тем, именно знание состояния источников опасности и оперативное принятие своевременных и грамотных мер при их переходе в аварийное состояние является ключевым, безусловно необходимым для эффективного решения задачи снижения аварийности на транспортных средствах. Об этом свидетельствует, в частности, тот факт, что отсутствие или игнорирование лицами дежурно-вахтенной службы информации о текущем состоянии источников опасности и регламентах их эксплуатации и непринятие по этой причине своевременных действий неизбежно приводило и приводит к тому, что первоначальный отказ техники перерастает в аварию, сопровождающуюся тяжелыми последствиями. В этой связи разработка методов и средств контроля, позволяющих идентифицировать предаварийное состояние источника опасности с целью принятия предупредительных защитных мер позволяет обеспечить повышение безопасности морских и речных транспортных средств. Ситуация усугубляется тем, что безопасность как свойство техники еще не заняло безусловного первого места среди других свойств, в первую очередь, среди тех, которые важны для человека. В результате при внедрении новых образцов судовых технических средств имеет место следующая ситуация: если внедрение обеспечивает существенное приращение тактико-технических характеристик судна, но при этом привносит с собой определенную опасность, то выбор делается в пользу внедрения с принятием защитных мер, которые не всегда, особенно на первых порах, бывают адекватны привносимой опасности. В конечном итоге, рассматриваемая объективная закономерность привела к тому, что с точки зрения безопасности судно стало представлять собой совокупность источников различной опасности для человека, собственно для судна и окружающей природной среды.

Обострение проблемы безопасности транспортных средств обусловлено рядом причин. Из числа причин внешнего характера в первую очередь необходимо назвать значительное сокращение бюджетных ассигнований, выделяемых на нужды флота. Это обстоятельство приводит, в частности, к тому, что флот вынужден эксплуатировать корабли и суда с просроченными срокам службы и межремонтными сроками, что естественно повышает их аварийность; более половины ассигнований, запланированных для судоремонта, уходит на ликвидацию поломок и аварий, происходящих на этих судах.

Не менее важным обстоятельством в рассматриваемом аспекте является повышенное внимание общественности и ряда международных организаций к безопасности промышленных и военных объектов. Имевшие место крупные техногенные аварии, стихийные бедствия и обострение экологических проблем активизировали усилия общества, направленные на решение проблемы безопасности. Подтверждением этому, в частности, может служить разработка и утверждение целого ряда законодательных актов и нормативно-правовых документов по проблемам безопасности и чрезвычайных ситуаций, а также создание специальных центров, рабочих комиссий, институтов, нацеленных на решение проблемы безопасности.

Среди причин обострения проблемы безопасности внутреннего характера можно выделить несколько. Одна из них связана с тем, что усложнение судовых систем и технических средств, объединение их в автоматизированные функциональные комплексы значительно усложняет, делает более напряженной, а значит менее надежной, деятельность персонала. Концентрация возможностей по управлению, с одной стороны, увеличивает

значимость отдельных операторов в процессах управления, с другой – повышает цену их ошибочных действий. Вместе с тем, доля аварий, происходящих из-за ошибок операторов, продолжает оставаться весьма значительной. По разным оценкам она достигает 30 % и более [1]. Одной из возможных причин такого положения является недостаточное внедрение систем поддержки принятия решений, обеспечивающих сбор и обработку информации до уровня подготовки проекта решения и тем самым снижающих весьма высокий уровень информационной нагрузки на оператора и повышающих обоснованность и качество решений, принимаемых на этапах возникновения, развития и ликвидации аварийных ситуаций [2].

Вопросы защиты человека, техники и, в меньшей степени, окружающей природной среды безусловно учитывались и решались ранее при создании и эксплуатации потенциально опасных объектов, но решались они не в равной степени и не в полном объеме. Как и в промышленности, во главу угла ставилась защита человека, в первую очередь, обслуживающего персонала, то есть в рамках техники безопасности. Разная степень разработки вопросов обеспечения того или иного вида безопасности подтверждается хотя бы тем, что вопросы обеспечения радиационной, электро- и взрывопожаробезопасности уже имеют достаточную историю, основательную практическую проработку и реализацию на транспортных средствах. В то же время вопросы обеспечения химической и экологической безопасности находятся лишь на стадии разработки концептуальных основ, определения вновь создаваемых организационных структур и т.д. Такое отставание не специфика флота, а отражение отставания в решении проблемы безопасности в целом по стране.

Известно, что практическое обеспечение безопасности функционирования различных объектов идет по двум основным направлениям. Первое – охватывает меры, направленные на предотвращение нарушения нормальных режимов эксплуатации: обеспечение прочности, безотказности элементов, предупреждение отклонений от регламентированных режимов и условий эксплуатации, предотвращение ошибок в работе операторов. Второе направление включает в себя меры, нацеленные на предотвращение случаев перерастания возникших нарушений и отклонений нормальных режимов работы в аварийные, катастрофические ситуации.

В рамках означенных выше направлений строится вся организация практического обеспечения безопасного функционирования судовых технических средств.

Важное место среди мер обеспечения безопасности занимает контроль состояния источников опасности. Например, в системе обеспечения радиационной безопасности значительное место отводится организации контроля за состоянием источников радиационной опасности. Все это организуется в соответствии с принципом локализации источника опасности, основанным на очевидном положении – легче и дешевле предотвратить аварию, чем ликвидировать или смягчить её последствия.

Задачи контроля состояния источников опасности обычно решались и решаются в системах технической диагностики (ТД). Однако реализованные в настоящее время методы ТД, предназначенные для определения действительного состояния конкретного объекта, обеспечивают, в первую очередь, контроль соответствия состояния объекта целям функционирования. При этом изменения состояния объекта, прямо не влияющие на уровень его функционирования, как правило, остаются за пределами традиционных методов ТД.

В результате незаметные для средств ТД изменения состояния, подготавливающие переход объекта контроля в предаварийное или аварийное состояние, сегодня практически не контролируются. Зачастую это связано еще и с низкой чувствительностью используемых в системах ТД средств теплотехнического контроля. В конечном счете такое положение в значительной мере предопределяет эффект внезапности реализации аварии на судне и связанный с ним дефицит времени на принятие эффективных мер по локализации аварии и защите личного состава. Вместе с тем, тот же самый опыт борьбы за живучесть транспортного средства позволяет предположить, что эффективный контроль состояния

источников опасности может и должен привести к повышению безопасности и предотвращению аварийных ситуаций с катастрофическим исходом.

Возможность существования аварийной ситуации обуславливается, в основном, двумя причинами. Первая – бесконтрольность источника опасности из-за отсутствия необходимых методов и средств контроля. Вторая – отсрочка реализации инициирующего события, создающая иллюзорное представление о безопасности эксплуатации источника опасности, хотя на самом деле уже возникли опасные условия.

Среди фаз зарождения и развития аварии можно выделить следующие:

1-я фаза – накопление неисправностей и отклонений от норм эксплуатации. Это необходимое, но не достаточное условие для начала аварийного процесса.

2-я фаза – фаза реализации инициирующего события. Наложение инициирующего события на совокупность накопленных на первой фазе неисправностей и отклонений от норм эксплуатации приводит к запуску аварийного процесса.

3-я фаза – фаза собственно аварии. На этой стадии происходит формирование и реализация последствий аварии. При этом у личного состава, как правило, уже не оказывается ни времени, ни достаточно эффективных средств для кардинального воздействия на аварийный процесс с целью его экстренного прекращения и локализации.

Существенно важным обстоятельством, вытекающим из рассмотрения фаз зарождения и развития аварии, является то, что последняя фаза – фаза собственно аварии – невозможна без накопления неисправностей, отклонений и нарушений в регламенте эксплуатации источника опасности на первой фазе. Поскольку первая фаза может протекать достаточно длительное время, то логичным шагом является организация наблюдения за состоянием источника опасности – предаварийного контроля – уже на стадии первой фазы с целью своевременного обнаружения и ликвидации неисправностей и отклонений в регламенте эксплуатации, и тем самым предотвращения накопления условий, способных при определенном сочетании с инициирующим событием привести к аварии.

При этом в тех случаях, когда избежать аварии по тем или иным причинам все-таки не удастся, персонал будет иметь время для принятия необходимых мер по смягчению последствий аварии. Еще раз следует подчеркнуть, что речь идет об организации контроля на этапах работоспособного состояния источников опасности, то есть до появления отказов, контролируемых системами диагностики этих источников, иначе говоря, в условиях, когда заданный уровень их функционирования по основному назначению еще обеспечивается.

Технические средства судна, являющиеся источниками химической и взрывопожарной опасности, при отклонении от норм функционирования оказывают непосредственное воздействие на воздушную среду судна, что выражается в изменении состава этой среды, концентраций содержащихся в ней химических веществ. Это обстоятельство создает предпосылку для осуществления предаварийного газового контроля, основанного на измерении в судовых помещениях концентраций реперных веществ, обработке результатов измерений с целью выявления фактов и причин их отклонения от установленных уровней и, в конечном итоге, принятия необходимых мер.

К признакам-предвестникам для статистически значимых источников загораний и взрывов в помещениях морских и речных транспортных средств относятся: нарушение контакта и искрение в местах повреждения жил и соединениях кабелей и токоведущих шин; искрение в местах повреждения изоляции и контакте между жилами кабеля и на корпус, а также понижение сопротивления изоляции; нагревание изоляции и лакокрасочного покрытия в районе места искрения или плохого контакта; выделение запаха и дыма при нагревании изоляции и лакокрасочного покрытия; повышение температуры поверхности корпусов электродвигателей и аппаратов; внезапное исчезновение и появление питания на электроприборах; искажение акустического, акустико-эмиссионного, электромагнитного и теплового поля в помещении; достижение взрыво- и пожароопасных концентраций горючих веществ и окислителей; достижение взрыво- и пожароопасных температур газовой среды в

помещениях, элементах и узлах оборудования, установленного в помещениях; деструкция материала и покрытия в потенциальном месте загорания; изменение диэлектрической проницаемости среды.

Перечисленные предвестники загораний и взрывов определяют методы и средства их сверхраннего обнаружения.

Нарушение контакта и искрение в местах повреждения жил и соединениях кабелей и токоведущих шин может обнаруживаться с помощью миниатюрных оптоэлектронных датчиков температуры на основе тонкопленочной технологии с автономным источником питания (или с источником питания от контролируемого узла электрооборудования) со звуковым сигналом и радиопередатчиком сигнала аварии; по искажению акустического, акустико-эмиссионного и теплового поля.

Искрение в местах повреждения изоляции и контакте между жилами кабеля и на корпусе, а также понижение сопротивления изоляции может быть обнаружено с помощью миниатюрных оптоэлектронных датчиков температуры на основе тонкопленочной технологии с автономным источником питания (или с источником питания от контролируемого узла электрооборудования) со звуковым сигналом и радиопередатчиком сигнала аварии; по искажению акустического, акустико-эмиссионного и теплового поля; стационарными и переносными приборами контроля сопротивления изоляции.

Нагревание изоляции и лакокрасочного покрытия в районе места искрения или плохого контакта может быть обнаружено с помощью миниатюрных оптоэлектронных датчиков температуры на основе тонкопленочной технологии с автономным источником питания (или с источником питания от контролируемого узла электрооборудования) со звуковым сигналом и радиопередатчиком сигнала аварии; по искажению акустического, акустико-эмиссионного и теплового поля.

Выделение запаха и дыма при нагревании изоляции и лакокрасочного покрытия обнаруживается газоанализаторами; по изменению диэлектрической проницаемости среды в помещении.

Повышение температуры поверхности корпусов электродвигателей и аппаратов может быть обнаружено с помощью многопараметрических оптоэлектронных датчиков температуры и газов на поверхности электрооборудования сложных энергонасыщенных комплексов, тепловизионными системами.

Внезапное исчезновение и появление питания на электроприборах регистрируется с помощью штатных контрольно-измерительных приборов и переносных диагностических комплектов.

Достижение взрыво- и пожароопасных концентраций горючих веществ и окислителей может быть обнаружено с помощью газоанализаторов.

Достижение взрыво- и пожароопасных температур газовой среды в помещениях, элементах и узлах оборудования, установленного в помещении, может быть обнаружено с помощью термосопротивлений; миниатюрными оптоэлектронными датчиками температуры на основе тонкопленочной технологии с автономным источником питания (или с источником питания от контролируемого узла электрооборудования) со звуковым сигналом и радиопередатчиком сигнала аварии; тепловизионными системами.

Деструкция материала и покрытия в потенциальном месте загорания обнаруживается с помощью миниатюрных оптоэлектронных датчиков температуры на основе тонкопленочной технологии с автономным источником питания (или с источником питания от контролируемого узла электрооборудования) со звуковым сигналом и радиопередатчиком сигнала аварии.

Предвестников пожара может быть много. Например, очень чувствительный предвестник – изменение диэлектрической проницаемости среды. Известно, что азот, кислород изменяют свою диэлектрическую проницаемость только в четвертом знаке после запятой при изменении температуры. Их относительная диэлектрическая проницаемость

равна единице. При горении, естественно, выделяются вода, спирты, окислы углерода, металлов, красок. Вода, например, в 80 раз увеличивает диэлектрическую проницаемость, а образование спирта при возгонке дерева – более чем в 150 раз. Такой показатель весьма чувствителен, хотя есть и другие. Итак, обнаружение загораний надо начинать с регистрации предвестников пожара.

К относительно ранним срокам обнаружения можно отнести факторы, связанные с появлением признаков возникновения пожара на отдельно взятом объекте в защищаемом помещении. Это повышение температуры самого объекта, появление аэрозолей в районе объекта и, наконец, открытое пламя на объекте. Остальные признаки, связанные также непосредственно с объектом – биологические, электромагнитные и акустические колебания, запах следует отнести к реагированию на сверххраненном уровне.

По современным представлениям, сигналы и помехи могут быть адекватно описаны только в терминах теории случайных процессов, и задача обнаружения любых сигналов ставится как статистическая.

Из теории обнаружения сигналов известно, что обнаружение тем надежнее, чем сильнее отличаются статистические характеристики полезных сигналов и помех, и что при достаточно длительном времени обработки можно выделить слабый сигнал на фоне сильной помехи. Располагая достаточными сведениями о сигналах и помехах и зная предельно допустимое время обработки, можно ставить вопрос о вероятностях правильного обнаружения загораний и ложных тревог.

Очаг горения, в первую очередь, характеризуется электромагнитным излучением, его спектральный состав представляет собой суперпозицию сплошного спектра излучения пламени или тлеющих частиц и линейчатого спектра излучения возбужденных атомов, молекул, радикалов, входящих в состав продуктов горения. В инфракрасном диапазоне наиболее характерными признаками загораний являются излучения в диапазоне длин волн 2,4 мкм, 4,4 мкм, 6,2 мкм; они присущи любому очагу загорания. Сочетание этих излучений позволяет четко дифференцировать инфракрасное излучение пламени от высоконагретых тел, поверхностей и пр. Причем, излучение с длиной волны 4.4 мкм разграничивает пламя с высокой и низкой температурой. Существует пожарный извещатель, реагирующий на определенные сочетания этих фиксированных длин волн. Кроме того, пожарные извещатели могут реагировать и на ультрафиолетовое излучение, сопровождающее процесс горения.

Следующая группа сигналов загорания определяется характерным спектральным составом в инфранизкочастотном диапазоне 0,1–50 Гц. Это колебания теплового поля и флуктуации электромагнитного излучения в следствие мерцания пламени. Существует метод обнаружения пожара путем оценки частотного спектра мерцания пламени, а спектральные измерения колебаний температуры позволяют более надежно устанавливать наличие загорания.

Движение газовой смеси очага горения приводит к появлению ряда информативных параметров, характеризующих очаг загорания. Трансформация характеристик движения восходящего конвективного струйного течения выражается в изменении векторов давления и скоростей течения в различных точках пространства и, далее, в появлении турбулентностей.

К другой группе сигналов следует отнести сигналы диффузии и распространения тепла в телах. Горение при пожаре сопровождается выделением окиси углерода, а режим медленного тления характеризуется выделением значительного количества вредных газов, помимо окиси углерода, выделяется цианистый водород, продукты разложения альдегидов, характерным признаком является появление вредных газовых компонентов, а дым и пыль являются достоверными признаками загораний.

Установление адекватных моделей сигналов и помех должно базироваться как на использовании имеющейся информации, так и на получении новых научных результатов в области процессов горения и в соответствующих разделах физики, химии, химической

физики, в связи с чем, чрезвычайно перспективным представляется установление связи между химико-физическими процессами загорания и возникающим при этом электромагнитным излучением.

Литература

1. Александров М.Н. Судно, море, человек // Судостроение. 1988. № 9. С. 8–10.
2. Степанов И.В., Турусов С.Н. Модельное обеспечение процесса принятия решений по эксплуатации технических средств морских подвижных объектов: тезисы доклада XXIV Всерос. конф. по управлению движением кораблей и специальных аппаратов. Москва, 1–2 июня 1997 г. М., 1997. С. 43–52.