

**К ПРОБЛЕМЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТОВ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ****О. В. Абрамов**

Начало нового столетия отметилось значительным числом чрезвычайных происшествий техногенного характера, аварий и катастроф, приведших к большим материальным потерям и человеческим жертвам. Можно вспомнить отказы техники, приведшие к гибели воздушных и морских судов, аварии в системах электроснабжения, трубопроводах и многое другое. Все это позволило говорить о некотором «синдроме аварий» нового столетия.

В последнее время все явственнее проявляется тенденция роста числа чрезвычайных ситуаций.

Только за 2011 г. потерпели аварию девять самолетов, так что некоторые иностранные компании даже запретили своим сотрудникам пользоваться российскими авиалиниями во время командировок. Кроме этого, потерпел аварию теплоход «Булгария», потеряны три спутника системы ГЛОНАСС, аппарат станции связи «Экспресс-АМ4», грузовой корабль «Прогресс М-12М», космический аппарат «Фобос-Грунт», зафиксирована гибель транспортного рефрижератора «Вест» и плавучей буровой платформы «Кольская».

Переход на рельсы рыночной экономики сопровождался массовым появлением владельцев технических средств, в том числе и достаточно ответственного назначения, для которых основной целью было извлечение максимальной прибыли из того, что досталось им почти даром. Не обремененные знаниями о надежности, законах и способах поддержания работоспособности, расходовании ресурса и др. они сочли, что платить за надежность – неоправданная роскошь. Естественно, что рано или поздно должно было наступить время расплаты.

Причинно-следственный комплекс, определяющий процессы возникновения аварийных ситуаций

В настоящее время оборудование значительного числа сложных технических комплексов, таких как электростанции, крупные предприятия, транспортные средства, трубопроводы и т.п. функционирует за пределами первоначально предназначенного для них срока эксплуатации. Другими словами, они уже выработали свой ресурс. Вместе с тем мнение специалистов по вопросам эксплуатации, надежности и безопасности потенциально опасных и уникальных объектов игнорируется, а зачастую вызывает раздражение у руководства. Техническими вопросами на всех уровнях управления, в том числе в сфере эксплуатации и безопасности, занимаются менеджеры, причем зачастую с сомнительным уровнем квалификации.

Задача обеспечения нормального функционирования сложных технических систем превратилась из инженерно-технической в научно-техническую, так как в процессе их функционирования привносится существенно больший, чем ранее, элемент неопределенности, обусловленный старением оборудования и отсутствием достаточных средств для его замены или ремонта, а также трудностями, связанными со становлением рыночных отношений между владельцами технических средств, организациями, эксплуатирующими технические системы, и предприятиями-изготовителями оборудования.

Для решения задачи снижения риска возникновения аварийных ситуаций необходимо разработать причинно-следственный комплекс, определяющий процессы их возникновения. В определенном смысле этот комплекс представляет собой некоторую модель динамики нежелательных процессов, которые могут привести к аварийным ситуациям. Структурная схема одного из вариантов такого комплекса представлена на рис. 1.

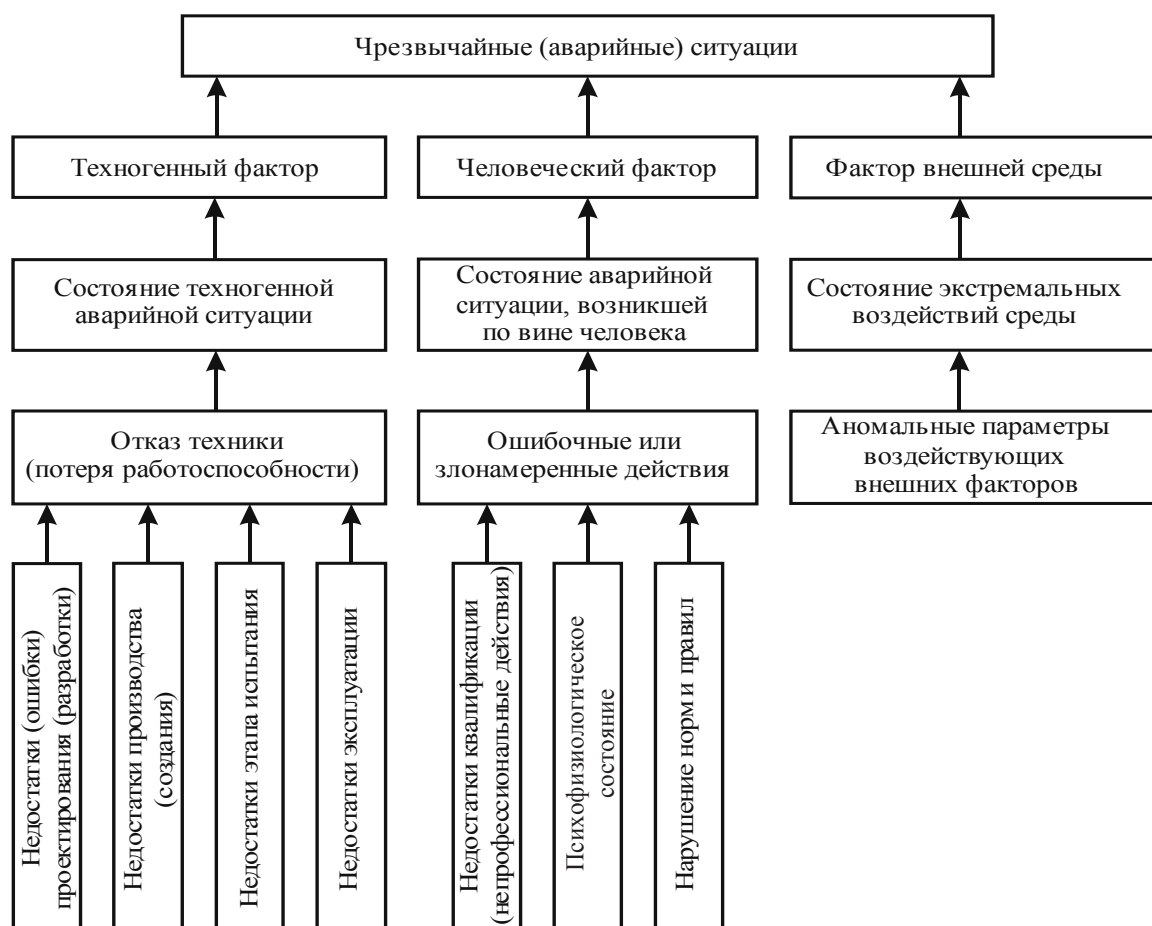


Рис. 1. Причинно-следственный комплекс возникновения аварий эксплуатации технических систем

При исследовании причин возникновения аварийных ситуаций выделяют три основных фактора: техногенный, человеческий и фактор внешней среды.

Говоря о техногенном факторе, прежде всего имеют в виду неудовлетворительное техническое состояние исследуемого объекта, следствием которого становится потеря работоспособности (отказ) техники. Причинами отказа могут стать ошибки, допущенные на этапе проектирования, недостатки выбранной технологии производства и соответствующих средств реализации проектных решений, несовершенство процесса испытаний или ошибки, которые могут быть допущены на этом этапе производства. И, наконец, риск возникновения аварийных ситуаций во многом связан с недостатками процесса эксплуатации.

Важной составляющей процессов эксплуатации является техническое обслуживание, под которым понимают все мероприятия, направленные на сохранение и восстановление работоспособности эксплуатируемых систем. Техническое обслуживание можно разделить на три вида: техническое обслуживание, определяемое отказом; техобслуживание через определенные интервалы времени (обслуживание по наработке); техническое обслуживание по состоянию.

В первом случае оборудование (устройства, системы) без существенных затрат на профилактику и контроль эксплуатируется до отказа. Такую стратегию эксплуатации можно считать целесообразной только в исключительных случаях, когда соответствующее оборудование имеет 100 %-й резерв или является второстепенным для выполнения целевого назначения. При техобслуживании, определяемом отказом, оборудование выходит из-под контроля эксплуатационников. Каждый отказ происходит неожиданно. Это затрудняет оперативное планирование или делает его просто невозможным.

Всегда считалось, что этот вид техобслуживания допустим лишь для объектов, не выполняющих ответственные функции, например, для устройств бытовой техники.

К сожалению, простота и дешевизна такой стратегии обслуживания привели в последнее время к ее довольно широкому распространению и в случае объектов ответственного назначения, таких, например, как судовое оборудование, системы электроснабжения, трубопроводы и др.

Техническое обслуживание, проводимое через определенные интервалы времени (техобслуживание по наработке), до последнего времени является наиболее распространенным в мировой практике. В соответствии с определенным планом система (устройство) по истечении определенного срока, установленного на основе практического опыта, выводится из эксплуатации, проходит контроль, разбирается, выработавшие ресурс узлы или агрегаты заменяются.

Привлекательность такой стратегии эксплуатации определяется прежде всего простотой планирования мероприятий по техническому обслуживанию, а также тем, что в процессе работы системы не надо контролировать и измерять какие-то ее параметры. Она достаточно подробно разработана теоретически, но так как режимы обслуживания назначаются для однотипных и технических средств по априорной информации об их эксплуатационной надежности без учета их реального технического состояния, то это направление связано с большими временными и экономическими потерями.

Стратегия, ориентированная на время эксплуатации, часто оказывается весьма дорогой и далеко не самой оптимальной. Это объясняется тем, что мероприятия по техническому обслуживанию (остановка, разборка, замена, сборка, проверка) проводятся нередко либо преждевременно, либо – слишком поздно.

Стратегия планирования эксплуатации технических систем в зависимости от их фактического состояния привлекает в последнее время все большее внимание специалистов. Такую стратегию называют еще индивидуальной, поскольку она ориентирована на реальное состояние и учитывает особенности данной конкретной системы, а не опыт эксплуатации аналогичных систем и статистические данные, для корректного использования которых необходимы статистическая однородность и существенный объем используемой информации.

Эффект от перехода к индивидуальному принципу назначения моментов технического обслуживания определяется главным образом следующими факторами:

а) возможностью в наибольшей степени использовать ресурс каждого отдельного объекта, что достигается уменьшением числа преждевременных вмешательств в его работу;

б) возможностью предотвращения отказов, что обеспечивается своевременным проведением профилактических (предупредительных) мероприятий.

Индивидуальное планирование эксплуатации возможно при условии получения текущей информации о действительном состоянии каждого объекта, т.е. реализация индивидуальной стратегии эксплуатации требует непрерывного или дискретного контроля и анализа состояния объекта. Предполагается, что реальное техническое состояние объекта можно оценить по результатам контроля (измерения) его параметров, а прогнозирование их изменений позволяет эксплуатировать объект до появления признаков опасного снижения надежности, исключив при этом преждевременные демонтажи узлов и агрегатов, а также выполнение других трудоемких работ, имеющих зачастую сомнительную полезность для надежности функционирования.

Прогностическая значимость уровня надежности

Прогнозирование состояния и надежности играет важную роль при индивидуальном планировании эксплуатации. Умение предсказать возможный момент отказа особенно важно для объектов ответственного назначения, потеря работоспособности которых связана с большими материальными потерями или катастрофическими последствиями. Предотвращение отказов является для таких объектов первостепенной задачей.

Основные трудности при решении задачи прогнозирования для синтеза стратегии эксплуатации по состоянию связаны с тем, что прогноз приходится осуществлять для каждого объекта индивидуально, при малых объемах исходной информации (по небольшому набору результатов контроля) и в присутствии помех (ошибок контроля), статистические свойства которых достоверно не известны. В этих условиях классические методы математической статистики и теории случайных процессов теряют свои привлекательные свойства, а их использование для прогнозирования приводит к существенным ошибкам и невысокой достоверности прогноза. Некоторые пути преодоления отмеченных трудностей и рекомендации по выбору оптимальной стратегии эксплуатации, гарантирующей снижение техногенного риска, приведены в работах [1, 2].

Потеря работоспособности (отказ) техники не всегда приводит к аварийной ситуации. Часто последствия отказа зависят от того, при каком состоянии внешней среды он произошел. Так, от-

каз главного двигателя судна, в результате чего судно теряет ход и управляемость, не приводит к аварийной (чрезвычайной) ситуации, если он происходит в условиях спокойного состояния водной поверхности, при умеренном ветре и при отсутствии препятствий (рифов, отмелей и др.). В этом случае можно попытаться восстановить работоспособность собственными силами или обратиться за помощью к специальным спасательным средствам или проходящим судам. Такие происшествия зачастую даже не фиксируются, что существенно искажает реальную картину состояния надежности и аварийности судового оборудования, а также качества его технического обслуживания.

В условиях шторма отказ главного двигателя приводит обычно к аварийной (чрезвычайной) ситуации. Потеря хода и управляемости может вызвать столкновение судна с препятствиями, потерю остойчивости и, как следствие, гибель судна и тех, кто на нем находится.

Анализ чрезвычайных происшествий, связанных с эксплуатацией морских судов, позволяет утверждать, что подавляющее большинство из них происходит не по причине злонамеренности природы (экстремальных непрогнозируемых воздействий внешней среды), а вследствие неудовлетворительного технического состояния судна его систем и механизмов или несоблюдения предписанных директивными документами правил эксплуатации плавсредств. Достаточно свежим примером этого может служить гибель в Охотском море буровой платформы «Кольская», которая вопреки существующим нормам и требованиям буксировалась в штормовых условиях. Кроме того, ее техническое состояние, по имеющимся данным, вызывало множество вопросов.

Аналогичная картина открывается и при анализе авиапроисшествий. Причиной чрезвычайных ситуаций на воздушном транспорте чаще всего становятся отказы техники и «человеческий фактор». Погодные условия (воздействия внешней среды) хоть и фигурируют нередко в материалах расследований, но в качестве единственной причины чрезвычайной ситуации называются крайне редко.

Термин *человеческий фактор* в последнее время все чаще используется при объяснении причин аварийной ситуации, возникшей по вине человека. Это многозначный термин, описывающий возможность принятия человеком ошибочных или алогичных решений в конкретных нормальных или критических ситуациях [3, 4, 5].

В процессе разработки человеко-машинных систем необходимо предусмотреть, не допустить или уменьшить последствия такого поведения человека. Любому человеку свойственны некоторые ограничения его возможностей или ошибки. Не всегда психологические и психофизиологические характеристики человека соответствуют уровню сложности решаемых задач или проблем. Принято считать, что ошибки, называемые проявлением человеческого фактора, как правило, непреднамеренны: человек выполняет ошибочные действия, расценивая их как верные или наиболее подходящие.

Причины, способствующие ошибочным действиям человека, можно объединить в несколько групп: недостатки информационного обеспечения, отсутствие учета человеческого фактора; ошибки, вызванные внешними факторами; ошибки, вызванные физическим и психологическим состоянием человека; ограниченность ресурсов поддержки и исполнения принятого решения.

Отсутствие полной уверенности в успешности выполнения предстоящего действия, сомнения в возможности достижения цели деятельности порождают *эмоциональную напряженность*, которая проявляется как чрезмерное волнение, интенсивное переживание человеком процесса деятельности и ожидаемых результатов. *Эмоциональная напряженность* ведет к ухудшению организации деятельности, перевозбуждению или общей заторможенности и скованности в поведении, возрастанию вероятности ошибочных действий. Степень *эмоциональной напряженности* зависит от оценки человеком своей готовности к действиям в данных обстоятельствах и ответственности за их результаты. Появлению напряженности способствуют такие индивидуальные особенности человека, как излишняя впечатлительность, чрезмерная старательность, недостаточная общая выносливость, импульсивность в поведении.

Источником ошибок может служить снижение внимания в привычной и спокойной обстановке. В такой ситуации человек расслабляется и не ожидает возникновения какого-либо осложнения. При монотонной работе иногда появляются ошибки, которые практически никогда не встречаются в напряженных ситуациях.

Ошибки в выполнении тех или иных действий могут быть связаны с *неудовлетворительным психическим состоянием* человека. При таком состоянии у человека может быть подавленное

настроение, повышенная раздражительность, замедленность реакций, а иногда, наоборот, излишнее волнение, суетливость, ненужная говорливость. У человека рассеивается внимание, возникают ошибки при выполнении необходимых действий, в особенности при неожиданных отказах оборудования или внезапных изменениях ситуации. Причинами, способствующими появлению такого состояния, могут быть переживание какого-либо неприятного события, утомление, начинающееся заболевание, а также неуверенность в своих силах или недостаточная подготовленность к данному сложному или новому виду деятельности.

Причиной появления ошибок человека могут быть отсутствие или недостаточность *информационной поддержки* (специальные обработчики таких ситуаций в программном обеспечении, наглядные материалы и инструкции); особенно остро эта проблема проявляется в экстремальных ситуациях и в условиях дефицита времени на принятие решения. Во многих случаях человек-оператор представляет собой не просто «человеческое звено» в составе системы, а является главным ее компонентом, во многом определяющим качество функционирования, а также безопасность и надежность человеко-машинных систем в целом. Развитие современных информационных технологий, программного обеспечения и технологий виртуальной реальности позволяет изменить схему традиционного взаимодействия человека-оператора и технической системы. Очевидно, что это позволяет упростить труд современного оператора, повысить его надежность и производительность.

Эффективным средством снижения риска чрезвычайных ситуаций человеко-машинных систем являются современные тренажерные технологии с использованием средств виртуальной реальности. Использование виртуальных моделей позволяет значительно интенсифицировать процесс обучения и исключает возможность развития аварийных ситуаций.

В то же время анализ аварий и катастроф последнего времени заставляет обратить внимание на некоторые нетрадиционные особенности влияния человеческого фактора.

Прежде всего настораживает тот факт, что во многих случаях аварийные ситуации возникают в связи с такими слабо формализуемыми субъективными чертами человеческого фактора, как жажда наживы (стремление любыми путями извлечь максимальную прибыль) и некомпетентность владельцев технических средств и систем. Следствием этого становится эксплуатация технических средств, выработавших свой ресурс или не прошедших необходимого технического обслуживания. Примером могут служить авария на Саяно-Шушенской ГЭС, гибель теплохода «Булгария» и буровой платформы «Кольская». В первом случае необходимая остановка и ремонт агрегатов ГЭС привели бы к уменьшению продажи электроэнергии, что не мог себе позволить менеджмент компании Росгидро; необходимый ремонт т/х «Булгария» не был проведен, ибо судовладелец не хотел упустить прибыль от перевозки туристов (поджимали сроки начала навигации); буксировка в штормовых условиях буровой платформы была вызвана нежеланием компании-судовладельца «Арктикморнефтегазразведка» потерять прибыль из-за несвоевременного начала запланированных работ по контракту во Вьетнаме.

Во всех этих и многих других случаях документация, подтверждающая удовлетворительное техническое состояние и возможность эксплуатации, была у владельцев технических средств в полном порядке. С учетом того, что существует система освидетельствования и сертификации, такие солидные проверяющие организации, как Российский речной регистр, Российский морской регистр судоходства и др., остается только предполагать существование такого важного, но не учитываемого в теории надежности эргатических систем человеческого фактора, как жадность. Этот фактор порождает действия, которые можно отнести и к непрофессиональным и к злонамеренным.

Эксплуатация объектов ответственного назначения, выработавших свой ресурс, эксплуатация до полной потери работоспособности, замена капитального ремонта косметическим, что сплошь и рядом происходит на судах речного и морского флота, – это непрофессионально. Получение документов, разрешающих в этих условиях эксплуатацию, создание условий, при которых человек-оператор (капитан, пилот) вынужден осуществлять выполнение своих функций, – это уже злонамеренные и, следовательно, преступные действия.

Заключение

Таким образом, в этой работе рассмотрены некоторые подходы к решению задачи предотвращения аварий технических объектов ответственного назначения. Для решения проблемы сни-

жения риска возникновения аварийных ситуаций предложен причинно-следственный комплекс, определяющий процессы их возникновения. В определенном смысле этот комплекс представляет собой некоторую модель динамики нежелательных процессов, которые могут привести к аварийным ситуациям.

Список литературы

1. Абрамов, О. В. Управление эксплуатацией систем ответственного назначения / О. В. Абрамов, А. Н. Розенбаум. – Владивосток : Дальнаука, 2000.
2. Абрамов, О. В. Мониторинг и прогнозирование технического состояния систем ответственного назначения / О. В. Абрамов // Информатика и системы управления. – 2011. – № 2. – С. 4–15.
3. Губинский, А. И. Эргономическое проектирование судовых систем управления / А. И. Губинский, В. Г. Евграфов. – Л. : Судостроение, 1977.
4. Губинский, А. И. Надежность и качество функционирования эргатических систем / А. И. Губинский. – Л. : Наука, 1982.
5. Юрков, Н. К. К проблеме обеспечения безопасности сложных систем / Н. К. Юрков // Надежность и качество – 2011 : тр. междунар. симп. : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. – Т. 1. – С. 104–106.

УДК 65.012.122; 519.21

Абрамов, О. В.

К проблеме предотвращения аварий технических объектов ответственного назначения / О. В. Абрамов // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 1. – С. 11–16.

Абрамов Олег Васильевич

доктор технических наук, профессор,
начальник отдела надежности и качества,
Учреждение Российской академии наук,
Институт автоматизи-
ки
и процессов управления ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 5.
E-mail: abramov@iacp.dvi.ru

Аннотация. Рассмотрены некоторые подходы к решению задачи предотвращения аварий технических объектов ответственного назначения. Для решения проблемы снижения риска возникновения аварийных ситуаций предложен причинно-следственный комплекс, определяющий процессы их возникновения. В определенном смысле этот комплекс представляет собой некоторую модель динамики нежелательных процессов, которые могут привести к аварийным ситуациям.

Ключевые слова: несчастный случай; неудача; надежность; риск; чрезвычайная ситуация; человеческий фактор; прогноз; управление.

O. Abramov

Doctor of Technical Science, professor, the division
head of reliability and quality,
The establishment of the Russian academy of sciences
«The institute of automation and control processes DVO
Russian Academy of Science»
690041, Vladivostok, Radio street, 5.
E-mail: abramov@iacp.dvi.ru

Abstract. Some approaches to the decision of a problem of accident precaution of technical objects of responsible appointment are considered. For the decision of a problem of decrease in risk of occurrence of emergencies the cause and effect complex defining processes of their occurrence is offered. In a sense this complex represents some model of dynamics of undesirable processes which can lead to emergencies.

Key words: accident; failure; reliability; risk; an emergency situation; the human factor; forecasting; management.