

МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА НАДЕЖНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТА

Доктор техн. наук *В.П. Гаенко*
НИЦБТС 12 ЦНИИ Минобороны России

Рассмотрен методический подход оценки надежности и эффективности человека как элемента в автоматизированной системе мониторинга состояния потенциально опасных объектов (вооружения, военной и специальной техники).

Ключевые слова: безопасность, мониторинг, человеческий фактор, диагностика, потенциально опасная техническая система, техническое состояние, ошибка распознавания, эргатическая система.

METHOD FOR ASSESSING THE IMPACT OF THE HUMAN FACTOR ON RELIABILITY AND EFFICIENCY OF OPERATION OBJECT MONITORING SYSTEMS

Dr. (Tech.) *V.P. Gaenko*
Technical Systems Safety Research Center of the 12 Central Scientific-Research
Institute of the Department of Defense of Russian Federation

A methodological approach to assessing the reliability and efficiency of a person as an element in an automated system for monitoring the state of potentially dangerous objects (weapons, military and special equipment) is considered.

Keywords: security, monitoring, human factor, diagnostics, potentially dangerous technical system, technical condition, recognition error, argotic system.

Использование мониторинга технического состояния потенциально опасных объектов (ПОО), является эффективным решением, повышающим безопасность. При этом, как правило, решение о продолжении функционирования ПОО, об управлении машиной или технологическим процессом в случае нарушения безопасного состояния оборудования принимает человек. Неверные или несвоевременные действия человека, в конечном итоге могут усугубить возникшую ситуацию и привести к аварии или катастрофе. Среди причин возникновения техногенных аварий и катастроф часто доминирует человеческий фактор, в том числе связанный с деятельностью персонала, являющегося звеном управления объектом (процессом) [1, 2]:

- на ПОО ~ в 45% случаев;
- в авиации ~ в 60% случаев;
- на море ~ в 80% случаев;
- на автотранспорте ~ в 90% случаев.

Поэтому необходимо учитывать надежность человеческого фактора в процессе управления объектом (технологическим процессом, машиной, вооружением, военной и специальной техникой (ВВСТ) и т.п.).

В дефиницию «человеческий фактор» в различных сферах человеческой деятельности могут вкладывать различное содержание.

Под *человеческим фактором* (англ. humanfactor) понимают [3]:

1) совокупность личностных характеристик и поведения работающего, вызывающая в процессе трудовой деятельности преднамеренные или непреднамеренные, но неверные, действия различного характера, в итоге приводящие к опасным происшествиям и ситуациям, инцидентам, авариям, несчастным случаям, производственно-обусловленным и профессиональным заболеваниям;

2) совокупность психологических, физиологических и других характеристик человека (работника), его способности, возможности и ограничения, определяемые условиями его деятельности в данный момент и оказывающих существенное влияние на ее эффективность, надежность и безопасность.

В определениях данного понятия отражена возможность причинения вреда (ущерба) ПОО, обусловленная физическими, психофизиологическими и др. возможностями и ограничениями человека, а также совокупностью личностных характеристик и поведения работника, которые могут стать причиной нарушения безопасности ПОО в результате ошибочных, преднамеренно неправильных или несвоевременных действий.

В статье речь пойдет о проявлении человеческого фактора в эргатических системах, в частности в автоматизированных системах диагностики и мониторинга (СДМ) технического состояния ПОО. Оператор может быть представлен как компонент организационно-технической системы: «ПОО – СДМ – оператор».

Цель автоматизированной СДМ технического состояния объекта – обеспечение приемлемого риска R пропуска аварийно-опасных состояний оборудования и агрегатов, влияющих на безопасность дальнейшей эксплуатации ПОО.

На вероятность или риск R пропуска аварийно-опасных состояний оборудования и агрегатов влияют величины статических ошибок первого S_1 и второго S_2 рода, динамической D ошибки СДМ, а также человеческий фактор H , обусловленный пропуском, несвоевременным или неправильным (ошибочным или преднамеренным) выполнением персоналом (оператором) предписания СДМ по устранению обнаруженного аварийно-опасного состояния [4]. Определения понятий ошибок первого S_1 и второго S_2 рода, а также динамической D ошибки СДМ приведены в ГОСТ [5].

Ошибка второго рода снижает показатель эффективности функционирования объекта (технологического процесса) и не влияет на величину риска R пропуска аварийно-опасного состояния ПОО.

Вероятность P_R пропуска опасного отказа и показатель надежности и эффективности мониторинга как вероятность $P_{d/e}$ своевременного срабатывания мониторинга можно определить по формуле:

$$P_R = 1 - (1 - P_{S_1}) \cdot P_D \cdot P_S(1 - P_H) = 1 - Q_{S_1} \cdot P_D \cdot P_S \cdot Q_H,$$

$$P_{d/e} = 1 - P_R,$$

где P_{S_1} – вероятности статической ошибки первого рода;

P_D – вероятностей своевременной постановки диагноза оператором;

P_S – вероятностей правильной постановки диагноза оператором;

P_H – вероятности невыполнения или несвоевременности выполнения оператором диагностического предписания СДМ (показатель влияния человеческого фактора);

Q_H – надежность оператора (вероятность своевременного выполнения предписания СДМ);

Q_S – техническая надежность (результативность) СДМ.

Выбор класса СДМ определяется категорией опасности оборудования опасных объектов (технологий). В соответствии с ГОСТ [5], с учетом влияния на безопасность объекта (технологии) устанавливаются три категории оборудования. Оборудование относят к первой категории, если его отказ может инициировать техногенную аварию (например, взрыв, пожар) или привести к существенному снижению эффективности (реализации целевых показателей предназначения).

Оборудование, не играющее ключевой роли в технологическом процессе, но внезапный отказ, которого может привести к снижению безопасности или эффективности относят ко второй, а вспомогательное оборудование к третьей категории.

В соответствии с ГОСТ [5] СДМ первого класса применяют для комплексного мониторинга (с возможностью автоматической остановки или блокировки неисправных агрегатов) потенциально опасной системы в целом, включающей оборудование первой, второй и третьей категорий.

Риск невыполнения целевого предназначения автоматизированной СДМ оборудования первой категории не должен превышать 0,05. Такая эффективность СДМ ($P_R \leq 0,05$), может быть обеспечена, если надежность человеческого фактора можно оценить величиной $Q_H \geq 0,96$, при значениях $P_{S_1} \geq 0,999$, $P_S \geq 0,99$, $P_D \geq 0,999$, что соответствует требованиям ГОСТ [5].

В [4, 6] функционирование (поведение) оператора в системе мониторинга предложено характеризовать последовательностью следующих трех событий:

1) [IP] – *восприятие информации* (входного сигнала) о состоянии объекта (*information perceiving*);

2) [DM] – *принятие решения* (реакция оператора на входную информацию и его способность принять правильное решение) (*decisionmaking*);

3) [DI] – *реализация решения* – своевременный отклик (*decisionimplementing*).

В общем случае, результат поведения человека может быть дополнен событием [CA] – *преступные действия* – преднамеренные неправильные действия или бездействие персонала (*criminalacts*).

Способности человека действовать эффективно и надежно не следует отождествлять. Надежность это способность оператора качественно и своевременно действовать в соответствии с предписаниями инструкции, тогда как эффективность предполагает способность человека-оператора действовать результативно, в том числе при заранее не предусмотренных (неканонических) нерегламентированных ситуациях, т.е. выполнить задачу вопреки (сверх) инструкции.

Возможность выполнения непредусмотренных действий при незапланированных ситуациях носит проблемно дискуссионный характер. Так, например, в области использования атомной энергии действует жесткий принцип «*запрещено все, что не разрешено*», в отличие от принципа «*разрешено все, что не запрещено*», принятого в ряде других сфер человеческой деятельности.

В [4, 7] надежность функционирования оператора определяют как процессуальное свойство. Надежность, характеризует способность человека-оператора действовать бесперебойно и правильно. Эффективность – как результирующее свойство, свидетельствующее, о том, что оператор достиг цели (сработал результативно).

Исходя из этого в системе человек - техника в качестве показателей эффективности оператора можно принять результативность оператора или вероятность достижения оператором однократно (многократно) целевого предназначения. В качестве показателя

надежности – вероятность правильного и своевременного выполнения оператором канонического предписания.

Схематично модель функционирования человека-оператора можно представить в следующем виде:

$$[CI] \rightarrow [\overline{CA}] \rightarrow [IP] \rightarrow [DM] \rightarrow [DI] \rightarrow [CS],$$

где $[CI]$ – изменение информации (*changeinformation*) в СДМ, характеризующее переход контролируемого объекта в опасное состояние (например, загорание сигнальной лампы, появление предупреждающей информации на мониторе, звуковой сигнал и др.);

$[\overline{CA}]$ – исключение (предупреждение) преступного действия оператора;

$[IP]$ – восприятие информации о состоянии объекта;

$[DM]$ – принятие решения (способность принять правильное решение);

$[DI]$ – реализация решения (своевременный отклик);

$[CS]$ – изменение состояния (*changeofstate*) в объекте (системе), вызванное откликом оператора (обратная связь).

Для обеспечения уверенности в правильности работы, оператор должен иметь возможность получать информацию о изменениях в состояниях контролируемого объекта, вызванных его действиями. Не имея такой возможности, оператор не будет уверен в правильности своих действий, его реакция будет характеризоваться неопределенностью.

Поведение и действия человека-оператора определяются влиянием многочисленных факторов в цепи $[\overline{CA}] \rightarrow [IP] \rightarrow [DM] \rightarrow [DI]$ которые необходимо уметь оценивать.

К таковым факторам следует отнести:

- изменения информации в СДМ $[CI]$ или состоянии объекта $[CS]$ не воспринимаются оператором как предупреждающий сигнал;
- сигнал не воспринят или пропущен оператором в силу личностных характеристик либо усталости, состояния здоровья или перегруженности;
- сигнал не воспринят или пропущен в результате воздействия, какого либо внешнего фактора;
- сигнал воспринят оператором, но неправильно понят;
- сигнал воспринят и понят, но правильное решение оператору неизвестно (неканоническая ситуация или низкая квалификация оператора);
- сигнал воспринят и понят, но реализация решения не представляется возможным в силу тех или иных причин;
- сигнал воспринят и понят, но решение выполняется неправильно или не в требуемой последовательности (ошибочное решение);
- преднамеренные неправильные действия или бездействие персонала (действия или бездействия, расцениваемые как преступные, усугубляющие ситуацию, увеличивающие риск аварии или катастрофы);
- решение (отклик) выполняется правильно в требуемой последовательности, но несвоевременно и др.

Оператор не достигнет цели (допускает ошибку), когда в одном из элементов цепи событий $[\overline{CA}] \rightarrow [IP] \rightarrow [DM] \rightarrow [DI]$ происходит сбой (отказ) или изменения в окружающих условиях, характеризующих состояние объекта, оказываются непредусмотренными.

Тогда надежность оператора

$$Q_H = P[\overline{CA}] \cdot P[IP] \cdot P[DM] \cdot P[DI],$$

где $P[S]$ – вероятность реализации события S , $S \in (\overline{CA}, IP, DM, DI)$.

В источниках [4, 8, 9] приведены данные характеризующие человека-оператора в различных фазах его деятельности (восприятия информации, принятия решения и исполнительных действий), взятые из различных источников, используя которые можно оценить надежность человеческого фактора и его влияние на показатели функционирования системы мониторинга технологическим процессом (функционированием потенциально опасной техники, ВВСТ). Для исключения преступного отклика при выполнении наиболее ответственных операций можно применить правило двух – трех лиц, если не предусмотрены технические системы защиты от нарушителей.

Справочные данные, позволяют оценить осредненное влияние человеческого фактора на надежность человека-оператора, учитывают осредненные психофизиологические возможности и ограничения, характерные для человека как персонала – *совокупности* специалистов. Данные не позволяют учесть «личностный фактор», который также является важным компонентом человеческого фактора и характеризует *конкретных* специалистов (индивидуумов, личностей).

Заметим, что причинами нарушений, в том числе преступных действий, как правило, являются именно личностные особенности человека-оператора, т.е. совокупность врожденных и приобретенных качеств личности (его профессионализм, убеждения, темперамент, воля, склонности, вкусы, вредные привычки, нравственные качества, уровень физического и умственного развития, состояние здоровья и др.).

Вопрос объективной *количественной* оценки влияния личностных особенностей – личностного фактора на надежность человека-оператора, с учетом особенностей (специфики) различных фаз его конкретной деятельности в настоящее время остается открытым.

Представляет интерес эвристический (экспертный) метод учета влияния личностного фактора на безопасность арготической системы на примере опыта обеспечения безопасности полетов в Воздушно-космических силах [10].

Выводы

На эффективность предупреждения аварий и катастроф на ПОО влияют величины статической (первого рода) и динамической ошибок автоматизированной СДМ, а также человеческий фактор, обусловленный пропуском, ошибочным или преднамеренным, неправильным или несвоевременным выполнением персоналом (операторами) предписаний СДМ.

Предложена модель поведения человека-оператора, учитывающая различные фазы его деятельности (восприятия информации, принятия решения и исполнительных действий) и методический подход оценки надежности человека как элемента автоматизированной СДМ технического состояния ПОО (образцов ВВСТ).

Литература

1. Биненко В.И., Храмов Г.Н., Яковлев В.В. Чрезвычайные ситуации в современном мире и проблемы безопасности жизнедеятельности. – СПб.: ИВТОБ СПбГПУ. - 2004.
2. Гаенко В.П. Фундаментальные противоречия и общие проблемы обеспечения безопасности потенциально опасных объектов, техники и технологий // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. М.: ВИНТИ РАН. - 2020, №4.
3. Анцев Г.В., Гаенко В.П. Безопасность искусственных систем: управление безопасностью и рисками. Тезаурус. – М.: Радиотехника. - 2021.
4. Костюков В.Н., Науменко А.П. Влияние человеческого фактора на оценки вероятности пропуска отказа системой мониторинга //В мире неразрушающего контроля. СПб.: ООО «Свен». - 2016, № 1. – С. 72-77.

5. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ. - 2010.
6. Ветошкин А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. – Пенза: Изд-во ПГУАиС. - 2003. 155 с.
7. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашеро́в, И.Л. Бердников и др.; Под общ.ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение. - 1993. 528 с.
8. Анохин А.Н., Острейковский В.А. Вопросы эргономики в ядерной энергетике. – М.: Энергоатомиздат. - 2001.
9. Острейковский В.А. Теория надежности. – М.: Высшая школа. - 2003.
10. Бочкало Б.И., Золотых В.И. Метод учета влияния «личностного фактора» человека-оператора на безопасность управляемой им эргатической системы. // Вестник АВН. – 2018. – № 3(64). – С. 96-103.

Сведения об авторе

Гаенко Василий Петрович – главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра безопасности технических систем 12 Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны Российской Федерации (НИЦ БТС 12 ЦНИИ Минобороны России), профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации. 197375, г. Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, д. 39. Факс: (812) 303-0559, телефон: +7 911 946-6402, e-mail: gaen@mail.ru

УДК 351.861

DOI: 10.36535/0869-4179-2021-03-5

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ, ВЫЗВАННЫХ ОСАДКАМИ И СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Доктор сельхоз. наук, кандидат техн. наук Ю.В. Подрезов
ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)
Московский физико-технический институт

Выполнен анализ физических особенностей формирования селевых потоков (на примере территории Российской Федерации), вызванных осадками и современные способы борьбы с ними. Предложены современные способ, система и технология предупреждения ливневых и продолжительных осадков на базе электрофизических методов коррекции погодных условий для предотвращения схода селевых потоков, вызываемых указанными видами осадков.

Ключевые слова: дождь, класс пожарной опасности погодных условий, ливневые осадки, мониторинг погоды, селевой поток, сель, чрезвычайная ситуация.