УДК 613.693

Н.А. МАРКОВ, А.Г. ГУЗИЙ, Ю.А. КУКУШКИН, А.В. РУССКИН

N.A. MARKOV, A.G. GUZIY, YU.A. KUKUSHKIN, A.V. RUSSKIN

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОГО ИНФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ВЫСОТНЫХ ПОЛЕТОВ**

**INFORMATION TECHNOLOGIES OF PERSONAL INFORMATION OF AIRCRAFT PASSENGERS IN EMERGENCY SITUATIONS OF HIGH-LEVEL FLIGHTS**

*В докладе представлены информационные технологии персонифицированного информирования пассажиров воздушных судов в чрезвычайных ситуациях высотных полетов.*

*Ключевые слова: персонифицированное информирование, безопасность в чрезвычайных ситуациях, информационно-измерительные системы, медицинская информатика, риски здоровью, риски работоспособности.*

*The report presents information technologies for personalized informing of aircraft passengers in emergency situations of high-altitude flights.*

*Key words: personalized information, safety in emergency situations, information and measurement systems, medical informatics, health risks, health risks.*

Решение задачи обеспечения безопасности пассажиров в чрезвычайной ситуации высотного полета требует разработки и реализации систем сигнализации и информирования об опасности чрезвычайной ситуации в реальном времени [1-3]. Такие системы включают датчики, оборудование и информационные компоненты, которые соединены в единую цепочку сбора и обработки информации, обеспечивающую их взаимодействие друг с другом для прогнозирования, самонастройки и адаптации к изменениям ситуации [4-7].

Для обеспечения безопасности пассажиров воздушных судов в чрезвычайных ситуациях высотного полета системы сигнализации и информирования об опасности чрезвычайной ситуации в реальном времени должны включать защитное снаряжение – в первую очередь кислородные маски.

Известны многочисленные варианты конструкций авиационных кислородных масок, комплектов кислородного оборудования для экипажей воздушных судов. В аспекте решаемой задачи их основным недостатком является полное отсутствие информирования пользователей об исправности оборудования и об обстановке в условиях чрезвычайной ситуации высотного полета [5-9]. Вместе с тем, наличие такого информирования позволит повысить безопасность в чрезвычайных ситуациях высотного полета за счет обеспечения оповещения пассажиров воздушного судна о потенциальной опасности чрезвычайной ситуации в динамике ее развития [10-12].

Проведенные исследования показали, что наиболее информативным показателем опасности чрезвычайной ситуации высотного полета является величина резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии [13-16]. Современный уровень научно-технического прогресса позволяет обеспечить расчет и предъявление пассажиром воздушных судов оценки резервного времени сохранения сознания человеком в чрезвычайных ситуациях высотного полета с использованием недорогих миниатюрных датчиков и микропроцессоров.

*Методика расчета оценки резервного времени сохранения сознания в чрезвычайной ситуации высотного полета*

Ситуации, связанные с быстротекущим воздействием на человека среды с малым содержанием кислорода в окружающем воздухе, приводят к развитию у человека гипоксических состояний, обусловливающих высокий риск потери сознания человеком вплоть до его гибели [4-9].

Решение этой задачи требует оценок риска потери сознания человека с учетом влияния гипоксической среды на организм человека. Известные математические модели позволяют рассчитать такую оценку в статических условиях, то есть при сохранении постоянства интенсивности гипоксического воздействия в течение анализируемого интервала времени, что существенно ограничивает область их применения. Преодолеть указанный недостаток можно за счет применения теоретических подходов к нормированию воздействия гипоксической газовой среды на организм человека и моделирования гипоксических состояний, базирующихся на дозовом принципе [4,5, 11].

При этом следует обеспечить интеграцию вычислительных ресурсов воздушного судна в процессы персонифицированного информирования о потенциальной опасности чрезвычайной ситуации в высотном полёте, реализуемые с помощью встраиваемых датчиков барометрического давления, информационных табло, микропроцессоров, световых индикаторов, соединенных в цепочки сбора и обработки информации и взаимодействующих для прогнозирования, самонастройки и адаптации в динамике развития чрезвычайной ситуации.

Разработанная методика расчета оценки резервного времени сохранения сознания в чрезвычайной ситуации высотного полета имеет следующий вид.

Измеряют барометрическое давление в салоне воздушного судна каждые три секунды. Если полученная величина больше, чем барометрическое давление на высоте 6500 м (44,06 кПа), то резервное время сохранения сознания считается неограниченным.

Как только текущее значение барометрического давления будет меньше, чем барометрическое давление на высоте 6500 м:

включается таймер и определяется время нахождения пассажиров в таких условиях;

вычисляется оценка резервного времени сохранения сознания (*Т*) по формуле

*T* = (710,37 – 0,2093(44060 – *P*)Δ*t*) / (0,2093(44060 – *P*)).

Как только измеренное барометрическое давление будет больше, чем барометрическое давление на высоте 6500 м резервное время сохранения сознания считается неограниченным.

Разработанная методика обеспечивает возможность связи между вычислительными и физическими элементами комплексной системы обеспечения безопасности при чрезвычайных ситуациях в высотных полетах, обеспечивая возможность реализации информирования об опасности чрезвычайной ситуации в высотном полете [12-16].

*Технические решения реализации информационных технологий информирования об опасности чрезвычайной ситуации в высотном полете*

Реализация персонифицированного информирования об опасности чрезвычайной ситуации в высотном полете выполнена в двух вариантах: система с интеграцией авиационной кислородной маски и система с интеграцией авиационного пассажирского кресла. В основу построения этих систем положена информационно-технологическая концепция интеграции вычислительных ресурсов воздушного судна в физические процессы персонифицированного информирования о потенциальной опасности чрезвычайной ситуации в высотном полёте.

Функционирование разработанных систем, объединяющих датчики барометрического давления, микропроцессор, информационное табло, компаратор, блок беспроводного интерфейса, многорежимный светодиод и кислородную маску, соединенную с кислородным оборудованием, заключается в следующем. При нештатной (аварийной) ситуации высотного полета кислородная маска выпадает из специального отсека на борту воздушного судна и «повисает» перед пассажиром. Одновременно включается непрерывная подача кислорода в маску и в ней создается избыточное давление. Пассажир «подтягивает» маску и прижимает ее к лицу.

В маску встроен индикатор резервного времени сохранения сознания, включающий корпус, в стенки которого заподлицо внешней поверхности встроены датчик барометрического давления, и табло для отображения резервного времени сохранения сознания человеком, а внешняя стенка корпуса, противоположная внешней стенке со встроенным табло, оборудована креплением, причем выход датчика барометрического давления подключен к накопителю информации, соединенному с вычислителем, выход которого подключен к компаратору, соединенному с табло и с блоком беспроводного интерфейса. Расчет оценки резервного времени сохранения сознания осуществляется с помощью изложенной методики.

При этом с помощью индикатора пользователь маски информируется о величине резервного времени сохранения сознания без использования маски, которая показывается на табло, входящем в состав индикатора и встроенном в маску заподлицо ее внешней поверхности так, чтобы показания индикатора были видны пользователю маски, а датчик барометрического давления в окружающей газовой среде обеспечивал объективную регистрацию измеряемых величин барометрического давления (внешняя поверхность датчика должна оставаться открытой) [12-16].

Кроме того, для дополнительного информирования пользователя макси об опасности чрезвычайной ситуации в высотном полете, в маску встраивают светодиод, имеющий, как минимум три режима свечения (зеленый, желтый, красный). Светодиод встраивают в маску заполдицо ее внешней поверхности так, чтобы он был виден пользователю маски, и соединяют с вычислителем, управляющим режимами свечения светодиода в зависимости от рассчитанной величины резервного времени сохранения сознания.

Ориентируясь на значения резервного времени сохранения сознания и на свечение светодиода, пассажир воздушного судна в чрезвычайной ситуации высотного полета может оценивать реальную опасность пребывания без кислородной маски, например, при осуществлении действии по оказанию помощи другим пассажирам, перемещению по салону воздушного судна и т.п.

Информированность пассажиров о реальной опасности чрезвычайной ситуации в экстремальных условиях высотного полета, кроме всего, способствует сохранению спокойствия, что имеет существенное значение для обеспечения безопасности в чрезвычайной ситуации.

Функционирование разработанной системы, объединяющей датчики барометрического давления, микропроцессор, информационное табло, компаратор, громкоговоритель, блок беспроводного интерфейса, многорежимный светодиод и авиационное пассажирское кресло, заключается в следующем.

Авиационное пассажирское кресло содержит сидение, спинку с подголовником и подлокотники. Для построения кибер-физической системы в спинку заподлицо ее внешней поверхности встроено табло, в подголовник заподлицо его поверхности встроены датчик барометрического давления и громкоговоритель, соединенные с закрепленным внутри кресла микропроцессором, выход которого соединен с табло [12-16].

В процессе полета, как и в предыдущем случае, осуществляют съем показаний с датчика барометрического давления в салоне воздушного судна. Значения барометрического давления по информационно-управляющей шине поступают в микропроцессор, который обеспечивает расчет оценки резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксии и генерации аудиоинформации для воспроизведения через громкоговоритель.

Если рассчитанная оценка резервного времени сохранения сознания меньше 300 с, то выдают сигнал на включение табло и громкоговорителя. При этом в цифровых разрядах табло индикатора отображают рассчитанную оценку резервного времени сохранения сознания человеком, которая изменяется в реальном времени с дискретностью, равной частоте измерения барометрического давления в окружающей газовой среде. Надписи на русском и английском языках подсвечивают одновременно с включением табло и с появлением рассчитанной оценки резервного времени сохранения сознания. Через громкоговоритель попеременно на русском и английском языке выдают аудиоинформацию о величине резервного времени сохранения сознания. Если при включенных табло и громкоговорителе рассчитанная оценка резервного времени сохранения сознания становится большей или равной 300 с, то выдают сигнал на выключение табло и громкоговорителя.

Пассажир, находящийся в кресле, видит информацию на табло, входящем в состав кресла, установленного впереди него, и слышит информацию через громкоговоритель – тем самым обеспечивается информирование пассажиров о потенциальной опасности ситуации, обусловленной риском воздействия гипоксии.

Наличие в составе систем (в двух описанных вариантах их реализации) блока беспроводного интерфейса обеспечивает возможность передачи оценок резервного времени сохранения сознания экипажу и наземным службам в интересах выработки и реализации рациональной стратегии действий в части планирования траектории полета воздушного судна, определения необходимости и уровня (первая, квалифицированная, специализированная) требуемой медицинской помощи и т.п.

*Заключение*

Разработанные информационные технологии позволяют реализовать инновационный персонифицированный подход к рискометрии и персонифицированному информированию о потенциальной опасности чрезвычайной ситуации высотного полета в реальном времени.

Разработанный подход и реализующие его системы найдут применение на воздушных судах, при эксплуатации которых имеется риск разгерметизации салона и/или кабины; при проведении испытаний в барокамерах с участием добровольцев, при пребывании в условиях высокогорья и при решении других практических задачах, связанных с обеспечением безопасности деятельности человека в условиях, сопряженных с воздействием гипоксии.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации*

*по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации*

*(НШ-2553.2020.8).*

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ушаков И.Б., Черняков И.Н., Шишов А.А. Физиология высотного полета. М., 2007. 147 c.

2. Дворников М.В., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Матюшев Т.В. Технология синтеза законов управления человеко-машинными системами, эксплуатируемыми в условиях высокого риска гипоксических состояний человека // Двойные технологии. 2014. № 1 (66). С. 8-11.

3. Человек и безопасность полетов: Научно-практические аспекты снижения авиационной аварийности по причине человеческого фактора. М.: Когито-центр. 2013. 288 с.

4. Кукушкин Ю.А., Дворников М.В., Богомолов А.В., Шишов А.А., Сухолитко В.А., Симоненко А.П., Степанов В.К. Особенности поддержки принятия решений по устранению особых событий и опасных состояний летчика в высотном полете // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2009. № 6. С. 74-79.

5. Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Дворников М.В., Кисляков Ю.Ю., Рыженков С.П. Расчет риска потери работоспособности человеком в условиях низкого барометрического давления // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2012. № 11. С. 37-45.

6. Шишов А.А., Богомолов А.В. Физиологическое обоснование адекватного выхода из аварийной ситуации в высотном полете // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2020. Т. 54. № 2. С. 65-71.

7. Гридин Л.А. Современные представления о физиологических и лечебно-профилактических эффектах действия гипоксии и гиперкапнии // Медицина. 2016. Т. 4. № 3 (15). С. 45-68.

8. Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Дворников М.В. Математическое моделирование динамики гипоксических состояний человека // Программные продукты и системы. 2013. № 2. С. 40.

9. Кукушкин Ю.А., Дворников М.В., Богомолов А.В., Матюшев Т.В., Поляков А.В. Математическое обеспечение рискометрии состояний человека в экстремальных и аварийных ситуациях, сопряженных с гипоксическим воздействием // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 10 (142). С. 25-33.

10. Алёхин М.Д., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Методики анализа паттернов дыхания при бесконтактном мониторинге психофизиологических состояний операторов эргатических систем // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 2. С. 99-101.

11. Матюшев Т.В., Дворников М.В., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Поляков А.В. Математическое моделирование динамики показателей газообмена человека в условиях гипоксии // Математическое моделирование. 2014. Т. 26. № 4. С. 51-64.

12. Марков Н.А., Богомолов А.В., Шишов А.А., Дворников М.В. Технология персонифицированного информирования о потенциальной опасности чрезвычайной ситуации в высотном полёте // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2020. Т. 7. С. 76-79.

13. Марков Н.А. Система персонифицированного оповещения об опасности чрезвычайной ситуации в высотном полёте. Патент на изобретение RU № 2717738. Заявл. 25.11.2019. Опубл. 25.03.2020 Бюл. № 9.

14. Марков Н.А., Филатов В.Н. Комплекс технических средств автоматизированного оповещения об опасностях чрезвычайных ситуаций высотных полетов // Проблемы безопасности полетов. 2020. № 7. С. 42-48.

15. Марков Н.А. Кислородная маска для пассажиров воздушного судна. Патент на изобретение RU № 2722489. Заявл. 11.11.2019. Опубл. 01.06.2020 Бюл. № 16.

16. Марков Н.А. Авиационное пассажирское кресло с информатором о потенциальной опасности чрезвычайной ситуации высотного полёта. Патент на изобретение RU № 2729319. Заявл. 02.03.2020. Опубл. 06.08.2020 Бюл. № 22.

**Марков Николай Александрович**

Научно-производственное объединение «Топаз», г. Москва

Научный сотрудник

Тел.: +7(495)155-13-66

E-mail: nikolya.markov.1987@mail.ru

**Гузий Анатолий Григорьевич**

Авиакомпаний ЮТЭЙР

Заместитель генерального директора

Тел.: +7(495)155-15-32

E-mail: anatoliy.guziy@utair.ru

**Кукушкин Юрий Александрович**

Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Минобороны России

Ведущий научный сотрудник

Тел.: +7(495)155-15-32

E-mail: [kukushkinya@gmail.com](mailto:madjar85@mail.ru)

**Русскин Алексей Витальевич**

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН

Научный сотрудник

Тел.: +7(916)900-30-00

E-mail: [tx97@mail.ru](mailto:maxim_cheklin@mail.ru)