УДК 629.043

К. А. Иванова

Д. Н. Левин, канд. техн. наук

М. В. Шкурин

*Кафедра «Проектирование и сертификация авиационной техники»,
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

МАТРИЦА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕРЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ ДЕЙСТВИЙ ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ В ОСОБОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОЛЕТНОГО ЗАДАНИЯ

Рассматривается создание матрицы базы данных (МБД) как инструмента, направленного на прогнозирование нерегламентированных действий летного экипажа, выявление резервных психофизиологических возможностей пилотов гражданской авиации в известной или прогнозируемой особой ситуации.

Под МБД понимается совокупность данных исследуемых объектов с определенным множеством характеристик, сгруппированных по их функциональному назначению в многомерные множества. Они предназначены для диагностики функциональных состояний данных объектов в рамках шаблонов известных систем и являются источником или основой для создания документа с заданными архитектурой, структурой и параметрами.

В статье приведены схема матрицы базы данных и мониторинга психофизиологического и функционального состояния пилотов гражданской авиации в особой ситуации при выполнении полетного задания. Структура МБД состоит из пяти основных блоков:

- блока регистрации основных данных пилотов (информация первого порядка);
- блока текущей информации о пилотах (информация второго порядка);
- блока формирования списков необходимых аппаратных диагностик;
- блока формирования заключений и рекомендаций по результатам исследований деятельности летного экипажа в известной особой ситуации;
- блока общего промежуточного/итогового заключения по прогнозированию поведения пилотов в особой ситуации при выполнении полетного задания.

Даны основные расчеты для анализа информации, поступающей в МБД, перечислены основные методики психофизиологических и психолингвистических исследований. Определен перечень основных характеристик для формирования общих промежуточных или итоговых заключений по прогнозу поведения пилота в известной или прогнозируемой особой ситуации, включающий в себя характеристики надежности, временные и антропометрические характеристики пилотов. В качестве основных психолингвистических единиц принимаются индикаторы и маркеры, составляющие определенный список, характерный для каждого пилота. Описаны психомоторные реакции и реакция отрицания на события, происходящие в период известной или прогнозируемой особой ситуации.

Показано, что раннее выявление неблагоприятных психофизиологических состояний с помощью матрицы базы данных у пилотов гражданской авиации позволяет своевременно – как психофизиологически, так и технологически – скорректировать поведение пилота и повысить эффективность выполнения полетных заданий в условиях агрессивной профессиональной среды и возникновения особых ситуаций.

Матрица базы данных, психофизиологическое состояние, функциональное состояние, психолингвистические характеристики, особая ситуация, летный экипаж, пилот ГА, эффективность, полетное задание

DOI: 10.20295/2412-9186-2021-7-1-67- 84

Введение

Человеческий ресурс является ключевым фактором не только в современной гражданской авиации, но и на протяжении всей истории отрасли. Реалии развития современных социально-экономических и технических направлений гражданской авиации таковы, что рациональное использование человеческих ресурсов становится прямым экономическим показателем работы авиационного предприятия. Профессиональная деятельность пилотов гражданской авиации требует превосходного знания техники, постоянного поддержания летных навыков, выдвигает серьезные требования к уровню психофизиологической подготовки и функциональным возможностям пилота. При выполнении полетного задания в особых ситуациях работа экипажа осуществляется на психофизиологических пределах человека.

Любая особая ситуация в полете предполагает не только четкое выполнение алгоритма по разрешению этой ситуации, предписанного специальной литературой, но и осознание того, что любое принятое решение ведет к серьезным последствиям. Следовательно, каждое решение летного экипажа должно быть осознанным и адекватным, с прогнозированием последующих действий [1].

В связи с высоким темпом развития авиационной техники, усложнением ее технических систем профессиональные требования к психофизиологическим показателям и состояниям летного экипажа при выполнении полетного задания в особых ситуациях возрастают в геометрической прогрессии. Многочисленные психологические, биологические, технические, физиологические, математические исследования [2, 4, 5, 7, 8, 15, 17–25] направлены на выявление резервных психофизиологических возможностей пилотов гражданской авиации для эффективного и своевременного разрешения особых ситуаций. Темой этих работ становится также сокращение периода восстановления работоспособности после больших профессиональных нагрузок и высокого эмоционального напряжения [2].

Пилоты гражданской авиации — высокопрофессиональные специалисты авиационно-технического комплекса и ключевое звено при принятии решения в особых ситуациях.

Поскольку открываются новые маршрутные сети, увеличивается объем грузовых и пассажирских перевозок, серийное производство новых воздушных

судов гражданской авиации, рынок вакансий пилотов постоянно нуждается в притоке новых высококвалифицированных кадров. Качество здоровья пилотов напрямую влияет на выполнение полетного задания в целом и разрешение особой ситуации в частности.

Несмотря на строгий отбор, многие члены летного экипажа постоянно испытывают высокое эмоциональное напряжение и расстройство некоторых личностных качеств, а также «профессиональное выгорание» — независимо от возраста и налета часов. При этом доля человеческого фактора в отказах сложных технических систем продолжает расти. Примером этому могут служить происшествия, где ошибочные действия экипажей имели катастрофические последствия. Эти катастрофы показывают степень ответственности пилотов за принятие решений в особых ситуациях.

Постановка задачи

Причины, влияющие на возникновение ситуаций, в которых допускаются ошибки и предаварийные действия, приводящие к аварийным или катастрофическим последствиям, можно разделить на две категории:

1) неустойчивое психофизиологическое состояние летного экипажа — эмоциональная перевозбужденность (состояние агрессии или эйфории), плохое самочувствие, гиперответственность, чрезмерная самоуверенность, нарушение работы физиологических систем организма (кардиореспираторной системы, центральной нервной системы), усталость организма (переутомление, снижение умственной, физиологической работоспособности);

2) неоптимальное эргономическое рабочее пространство — временная потеря пространственной ориентации в связи со сменой типа воздушного судна, период адаптации при смене рабочего места (слева/справа), смена компьютерных программ (обновление установленных или применение новых), расположение приборов и индикаторов, рабочих поверхностей, аудиосистем предупреждения, расстояние до основных органов управления ВС.

Таким образом, несмотря на профессиональный отбор и постоянное совершенствование кабин летных экипажей, очевидна необходимость в постоянном мониторинге психофизиологического состояния пилотов и совершенствовании эргономического рабочего пространства.

Задача исследования — создание инструмента, который позволил бы выявлять неблагоприятные психофизиологические состояния пилотов с целью дальнейшего прогнозирования их действий в особых ситуациях.

Методы решения

В качестве решения задачи контроля психофизиологического состояния экипажа целесообразно создание специализированного комплекса матрицы базы

данных (МБД) для прогнозирования нерегламентированных действий пилотов гражданской авиации в особой ситуации при выполнении полетного задания.

Под определением матрицы понимается совокупность всех данных исследуемых объектов с определенным множеством характеристик. Они сгруппированы по функциональному назначению в многомерные множества для диагностики функциональных состояний пилотов в рамках шаблонов известных систем, подготовки и создания документов с заданными параметрами. МБД характеризуется своей уникальной архитектурой, структурой и параметрами.

В основе функционирования такой матрицы — методы психофизиологических и психолингвистических исследований, теории вероятностей, математической статистики, анализа антропометрических данных. Для получения результатов используется математическое моделирование, эмпирические методы исследований, статистические методы анализа и основные методы научного сбора и обработки информации [3].

Психофизиологические методы наиболее точно определяют функциональное состояние пилота и течение большинства физиологических процессов, обеспечивающих психическую деятельность человека. Психолингвистические выявляют физиологическую реакцию организма и позволяют анализировать речевые реакции с целью обнаружения связей между единицами речи.

Методы теории вероятностей и математической статистики помогают изучить случайные явления в особых ситуациях и обнаружить их статистические закономерности, чтобы прогнозировать подобные происшествия в дальнейшем.

Анализ антропометрических данных дает возможность определить наиболее подходящие эргономическое пространство кабины пилотов ГА. С помощью эмпирических методов исследования, статистических методов анализа и математического моделирования можно прогнозировать действия летного экипажа в известных особых ситуациях и выявлять алгоритм действий при неизвестной особой ситуации.

Комбинация методов направлена на создание комплекса для решения всех этих задач.

Описание результатов

Матрица базы данных является основным компонентом создаваемого комплекса программ по автоматизации процессов анализа действий пилотов в особых ситуациях при выполнении полетов. Под реализацией МБД понимается внедрение системы программ в организационную структуру прогнозной базы по обеспечению безопасности полетов, в основе которой лежит совокупность данных исследуемых объектов с определенным множеством характеристик. Они сгруппированы по функциональному назначению в многомерные множества для оптимизации и автоматизации существующего комплекса по обеспечению безопасности полетов на авиационных предприятиях. Матрица включает в себя

блоки, модули и основные исследования по психофизиологическому и психолингвистическому тестированиям (представлена на рис. 1).

Блок 1 — регистрация основных данных пилотов (информационные, психофизиологические, функциональные), занесение основной профессиональной информации (ВО, обучение и т. д.), формирование и ведение списка психолингвистических единиц (СПЕ), характерных для каждого пилота, ведение списка отработки сессий по особым ситуациям с занесением всех необходимых маркеров и индикаторов, процедура проведения предварительного статистического анализа по пилоту.

Блок 2 — информация второго порядка (текущая) о пилотах, проведение анализов и диагностик, исследований общего характера, исследования общих психофизиологических данных и функционального состояния, промежуточные заключения и рекомендации.

Блок 3 — формирование списка необходимых аппаратных диагностик (с обязательным указанием измерений: «идеальный индикатор», норма, отклонения), описание процедур психофизиологического и психолингвистического исследования без отрыва от основной деятельности, добавление/удаление необходимых процедур/исследований и их обоснование.

Блок 4 — формирование заключений и рекомендаций по проведению дальнейших диагностик и исследований, результаты анализа общих психофизиологических данных и функционального состояния.

Блок 5 — общее промежуточное/итоговое заключение по прогнозу поведения пилота в известной особой ситуации.

Рис. 1. Структурная схема МБД и информационные потоки между блоками и модулями

Блок 3 содержит два основных направления исследований:

- 1) психофизиологическое тестирование;
- 2) психолингвистическое тестирование.

Данные тестирования нужны, чтобы анализировать информацию из других блоков для сравнения с «идеальными» показателями и выявления отклонений, определять и формировать список необходимых методов при проведении эксперимента или полевого исследования для определенной известной особой ситуации.

Основные психофизиологические показатели работоспособности пилотов ГА – быстродействие, точность, надежность и психическая напряженность, а также соотнесение данных показателей с требованиями, предъявляемыми к эргономическому пространству кабины [4].

Соответственно, основными методиками психофизиологического тестирования являются [5–8]:

- 1) методика простой зрительно-моторной реакции;
- 2) методика «Реакция на движущийся объект»;
- 3) методика развития простой и сложной двигательной реакции;
- 4) методика «Реакция различия»;
- 5) методика «Реакция выбора»;
- 6) методика теппинг-теста;
- 7) методика определения развития координации;
- 8) методика «Помехоустойчивость».

Комплексная психофизиологическая методика позволяет прогнозировать эмоционально-психическое состояние и психофизиологические свойства и функции пилота гражданской авиации в особых ситуациях [6]. С ее помощью можно проследить процессы и состояния пилота в особой ситуации:

- психологический и психофизиологический статус и его оценку;
- профессиональные качества, их применение и развитие;
- внешние психофизиологические проявления индивидуальных особенностей личности (речь, поведение, моторно-двигательные реакции);
- внутренние особенности личности (психические свойства и состояния, особенности протекания психических процессов);
- психомоторные свойства;
- нейродинамические свойства.

Психолингвистическое тестирование проводится с помощью:

- 1) методики выявления уровня вербальной дифференциации пилота ГА;
- 2) методики построения списка психолингвистических единиц, характерных для определенного пилота;
- 3) методики определения голосовых характеристик речи пилота ГА (тип, высота, скорость, сила).

На основании психолингвистического тестирования создают список психолингвистических единиц, базирующийся на индикаторах и маркерах, которыми

определяются три основных состояния пилота в особой ситуации: «идеальное состояние», «норма», «отклонение». Этот перечень — одно из ключевых значений МБД.

Реакция пилота на происходящую особую ситуацию может быть двух типов:

- 1 — психомоторная;
- 2 — состояние отрицания.

Прогнозирование таких реакций, как психомоторная [7, 8] и состояние отрицания, может быть осуществлено при помощи информационных характеристик следующих анализаторов [9, 10]:

- 1 — зрительного;
- 2 — слухового;
- 3 — моторного;
- 4 — характеристики памяти и оперативного мышления;
- 5 — управляющих действий — рабочих движений.

В блоке 5 при формировании общих заключений по прогнозу поведения пилота в известной особой ситуации основными являются:

1) характеристики надежности — реакции пилота на особые ситуации, выраженные в психофизиологических и психолингвистических показателях, общем функционировании;

2) временные характеристики — скорость реакции (норма и отклонения для определенного пилота в сравнении с «эталонными» показателями);

3) антропометрические характеристики — динамические (определение объема рабочих зон, зоны досягаемости и видимости) и статические (определение диапазона изменения в случае регулировки параметров рабочего места).

1. *Характеристики надежности.* Взаимодействие пилота и машины — главная составляющая управления безопасностью полета. При оценке надежности системы необходимо учитывать и анализировать оба этих элемента. При этом введение нового индикатора или характеристики для оценки надежности снижает ее показатель, если только составляющая не характеризует неизменно надежный элемент [11].

Вероятность безотказной работы пилота $r = 1,00$ при условии, что учитываются только факторы отказа аппаратуры или воздушного судна в целом и нет связи с действиями летного экипажа.

Взаимный перерасчет характеристик надежности, полученных при различных установках на выполнение работы, производится по приближенным формулам [12]:

$$P_{jc} = 1 - \sqrt{0,5(1 - P_{j\delta})},$$

$$P_{j\delta} = 1 - 2(1 - P_{jc})^2,$$

где P_{jc} и $P_{jб}$ — соответственно вероятность безошибочного выполнения j -действия при установке на скорость и безошибочность работы.

Чтобы получить доверительный интервал для вероятности P_j , следует использовать результаты экспериментальной оценки по формуле:

$$\sum_{i=N_j-n_j}^{N_j} C_j^N j P^i (1-P)^{N-1} = 1 - \alpha,$$

где α — достоверность того, что истинная вероятность P_j лежит в интервале от P до 1; P — нижняя граница вероятности безошибочной работы.

При достоверности $\alpha = 0,8$ результаты расчета P приведены в таблице 1.

Таблица 1. Требуемое число опытов при исследовании надежности

Уровень надежности (вероятность безошибочной работы)	Предельно допустимая погрешность определения вероятности	Предельно допустимая ошибка репрезентативности	Число опытов, необходимое для обеспечения требуемой точности определения вероятности
10^{-1}	$0,5 \cdot 10^{-1}$	$0,25 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^2$
10^{-2}	$0,5 \cdot 10^{-2}$	$0,25 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^3$
10^{-3}	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^4$
10^{-4}	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$0,25 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^5$

Под уровнем надежности понимается вероятность безошибочной работы, т. е. выполнение отдельной операции или алгоритма работы в целом.

Надежность деятельности пилота характеризуется вероятностью правильного решения:

$$P_n = \frac{m}{N},$$

где m — число правильных решений; N — общее число решаемых задач.

2. *Временные характеристики.* Для определения времени выполнения конкретной операции пилотом в кабине гражданского пассажирского самолета можно использовать известные данные [13], но остальные недостающие временные характеристики получают только опытным путем. Для фиксации моментов начала и окончания каждого действия необходимо применение специальных приемов, основанных на экспериментальных и аналитических методах [5].

Рисунок 2 отображает структурную схему деятельности пилота в зависимости от того, какая реакция следует на информационный сигнал — немедленное действие или отложенное.

Рис. 2. Структурная схема деятельности с немедленным и отложенным реагированием

Быстродействие будет определяться по формуле [14]:

$$\tau = a + bI,$$

где I — количество перерабатываемой информации, a — время от момента появления сигнала до реализации решения, b — время на обработку единицы информации.

Если реакция на информационное событие или сигнал отложенная, следует учесть время ожидания сигнала, затраченное пилотом на его обработку. Тогда быстродействие пилота определяется по формуле:

$$\tau_{\text{пр}} = \tau_{\text{оп}} + \tau_{\text{ож}},$$

где $\tau_{\text{пр}}$ — время пребывания информации на обслуживании, $\tau_{\text{оп}}$ — время обслуживания (обработки) сигнала, $\tau_{\text{ож}}$ — время ожидания начала обслуживания.

Далее делается выборка m задач. Каждая задача, в свою очередь, разбивается на m различных, но одинаковых для каждой задачи типов элементарных действий. Число действий j -го вида в i -й задаче обозначим a_{ij} . Тогда среднее значение времени решения i -й задачи равно

$$\alpha_{i1}\tau_1 + \alpha_{i2}\tau_2 + \dots + \alpha_{im}\tau_m = T_i,$$

где τ_j — среднее значение времени выполнения j -го элементарного действия ($j = 1, 2, \dots, m$).

Близок к рассмотренному цикловой метод хронометрирования. Для определения времени выполнения отдельных действий объединяем их в группы по три действия в каждой:

$$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = t_1,$$

$$\tau_4 + \tau_1 + \tau_2 = t_2,$$

$$\tau_3 + \tau_4 + \tau_1 = t_3,$$

$$\tau_2 + \tau_3 + \tau_4 = t_4,$$

где $\tau_1, \dots, \tau_4$ — средние значения времени выполнения отдельных действий; $t_1, \dots, t_4$ — средние значения продолжительности выполнения объединенных групп действий, эти значения получаются из эксперимента.

Искомые величины:

$$\tau_1 = k - \tau_4; \tau_2 = k - \tau_3; \tau_3 = k - \tau_2; \tau_4 = k - \tau_1,$$

где k — величина, определяемая из выражения

$$k = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}.$$

Необходимо учесть, что временные характеристики, полученные для нормальных условий работы пилота при установке на максимальную скорость выполнения действий, всегда будут отличаться от временных характеристик, полученных в реальном полете и на тренажерах. Однако их сравнение и анализ позволяют спрогнозировать возможные временные характеристики с минимальными отклонениями в реальном полете.

3. *Антропометрические характеристики.* Для записи алгоритма описания деятельности пилота [15, 16] будем использовать форму логической схемы алгоритма, как показано на рисунке 3.

Антропометрические характеристики с применением методов соматографического анализа, проектографии и аналитических методов [13] позволяют не только выбрать рабочую позу пилота и спроектировать оптимальное рабочее место, обосновав моторные и сенсорные данные, но и выявить индивидуальные характеристики, способные повлиять на психофизиологическое состояние пилота в особой ситуации. Своевременная информация о соответствии индивидуальных характеристик возможностям приборов и рабочего пространства кабины помогает найти оптимальное решение о дальнейших корректировках психофизиологического состояния и эмоционального напряжения.

В таблице 2 даны рекомендации по учету антропометрических характеристик при выполнении проектных работ.

Выводы

Предложенная схема матрицы базы данных предназначена для проведения исследования психофизиологического и функционального состояния летно-

Рис. 3. Форма логической схемы записи деятельности пилота

Таблица 2. Рекомендации по антропометрическим характеристикам

Характеристики	Практические исследования
Амплитуда движений головы	Для определения зон видимости и обзора
Амплитуда движений руки	Для определения углов перемещения вращающихся и поворотных переключателей
Зоны досягаемости	Для определения размеров мониторного поля
Размеры руки	Для обеспечения удобства обслуживания и доступа к элементам оборудования
Размеры туловища	Для расчета минимальных пространств, занимаемых человеком
Габаритные размеры	Для расчета минимальных пространств, занимаемых человеком; минимальных расстояний между пилотами; размеров проемов, проходов, люков и лестниц

го экипажа и эргономического пространства рабочего места. Включает в себя визуальные стимулы, соотнесение антропометрических характеристик с рекомендованными для проектных и инженерных решений, измерение скорости реакции на изменения показаний приборов и индикаторов.

Это позволяет:

- контролировать психофизиологическое состояние летного экипажа в процессе отработки особой ситуации и соотносить полученные показатели с аварийными/катастрофическими происшествиями для дальнейшего анализа, получать результаты по совершенствованию методики подготовки;
- получать экспертное заключение о допуске летного экипажа/пилота, а также о психофизиологическом состоянии экипажа в особой ситуации при выполнении полетного задания;
- строить модели поведения пилота в прогнозируемой/известной особой ситуации;
- определять и формировать базы данных индивидуальных моделей поведения и функционального состояния пилотов гражданской авиации в особых ситуациях при выполнении полетного задания;
- корректировать индивидуальное психофизиологическое поведение пилота и его функциональное состояние в особых ситуациях;
- создавать и вести базу данных психофизиологического и функционального состояния пилотов гражданской авиации с целью предупреждения и прогнозирования их действий в особых ситуациях при выполнении полетного задания;
- выявлять резервные психофизиологические возможности пилотов гражданской авиации в известной/прогнозированной особой ситуации;

- определять инструменты, способствующие сокращению периода восстановления нормальной работоспособности летного экипажа после профессиональных нагрузок и высокого эмоционального напряжения;
- составлять список психолингвистических единиц.

В работе предложены практические рекомендации по организационной структуре и компонентному составу матрицы базы данных как части комплекса прогнозной базы по обеспечению безопасности полетов в рамках прогностического подхода к деятельности летного экипажа в известной/прогнозируемой особой ситуации. Это необходимо для автоматизации и оптимизации действий по отбору пилотов на этапе формирования летного экипажа и на этапе расчета оптимальных действий для конкретного экипажа/пилота в процессе реального полета и отрабатываемого на тренажерах в специальных сессиях.

Представлена оригинальная концепция оценки психофизиологического состояния пилотов через прогноз их деятельности с учетом психолингвистических единиц. Она получена на основе психофизиологического и психолингвистического тестирования, входящих в структуру блоков модели матрицы базы данных, и является одним из ключевых элементов создаваемого комплекса программ по автоматизации и оптимизации организационной структуры системы обеспечения управления безопасностью полетов на авиационном предприятии в рамках прогностического подхода.

Библиографический список

1. Титков О. С., Сизов П. С., Матухнова Н. С. Эвристики человека в моделях принятия решения. Труды ГОСНИИАС. Серия: Вопросы авионики. Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем (Москва). – 2017. – № 2 (31). – С. 3–26.
2. Bor R., Eriksen C., Oakes M. & Scragg P (Eds.) (2017). Pilots mental health assessment and support: A practitioner's guide. Oxon: Routledge.
3. Колетвинов Д. С. Обзор научных методов сбора и обработки информации / Д. С. Колетвинов, А. А. Мельникова, К. В. Борзилов // Молодой ученый. – 2020. – № 3 (293). – С. 157–159.
4. Бубеев Ю. А., Усов В. М., Сергеев С. Ф., Крючков Б. И., Михайлюк М. В., Йоханнес Б. Итоги космического эксперимента «ПИЛОТ-Т» для моделирования взаимодействия в системе «человек-робот» на лунной поверхности. АВИАКОСМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА. Институт медико-биологических проблем РАН (Москва). – 2019. – Т. 53. – № 7. – С. 65–75.
5. Baumeister A. A., & Kellas G. Reaction time and mental retardation. In N. R. Ellis (Ed.), International review of research in mental retardation. Vol. 3. New York: Academic Press, 1968.
6. Stanton, N. Engineering Psychology: Another Science of Common Sense? (1996), The Psychologist. – No. 9 (7). – Pp. 300–303.
7. Chernorizov A. M., Isaychev S. A., Zinchenko Yu. P., Znamenskaya I. A., Zakharov P. N., Khakhalin A. V., Gradoboeva O. N., Galatenko V. V. Psychophysiological methods for the diagnostics of human functional states: New approaches and perspectives. Psychology in Russia: State of the Art. – 9 (4). – Pp. 23–36, January 2016.

8. *Charissa Freese, Rene Schalk* Implications of differences in psychological contracts for Human Resources Management, *European Journal of Work and Organizational Psychology*. – No. 5 (4): Pp. 501–509. – December 1996.
9. *Лебедева Н. Н., Каримова Е. Д.* Акустические характеристики речевого сигнала как показатель функционального состояния человека. *Успехи физиологических наук*. Издательство: Российская академия наук (Москва). – Т. 45. – № 1. – 2014. – С. 57–95.
10. *Angelica N.* Thinking and Recollecting: Psychological Memory, Personal History, and Subjectivity, Memory, History, Justice. In: *Memory, History, Justice in Hegel*. Palgrave Macmillan, London. – 2012.
11. *Luis Miguel Munoz* Ergonomics in the Industry 4.0: Virtual and Augmented Reality. *Journal of Ergonomics*. – № 08 (05). – January 2018.
12. *Справочник по инженерной психологии/Под ред. Б. Ф. Ломова*. – М.: Машиностроение. – 1982. – 368 с.
13. *Новиков В. В.* Основы инженерной психологии и эргономики. Учебное пособие. Волгоград: Издательство Волгоградского государственного технического университета. – 2015. – 144 стр.
14. *Основы инженерной психологии. Учеб. пособие. Под ред. Б. Ф. Ломова*. М., «Высш. школа», – 1977.
15. *Yuan Cao, Zhibo Yuan, Wentao Wu* The Preliminary application of Observer XT in the Study of Crew Error, Conference: 2019 5th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS), July 2019.
16. *Смоляров А. М.* Системы отображения информации и инженерная психология. Учеб. пособие. – М.: Высш. школа. – 1982. – 272 с.
17. *Макарова В. В.* Особенности профессионального психологического отбора летного состава гражданской авиации. *Экстремальная психология: теория и практика. Сборник научных статей/Под ред. А. В. Кокурина, В. И. Екимовой, Е. А. Орловой*. – Москва. – 2017. Издательство: ООО «РУСАЙНС».
18. *Пономаренко В. А.* Наука о человеке в авиации XXI столетия. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. Издательство: Институт медико-биологических проблем РАН (Москва). – Т. 40. – № 6. – 2006. – С. 54–59.
19. *Гандер Д. В., Алексеенко М. С.* Личностный потенциал летчика: от теории к практике. Монография. Издательство Современного гуманитарного университета (Москва). – М.: 2012. – 157 с.
20. *Козлов В. В.* Потенциал надежности пилота: компоненты и их развитие. *Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики*.//Под ред. А. А. Обознова, А. Л. Журавлева. Москва, 2018. Издательство: Институт психологии РАН. – 2018. – С. 253–290.
21. *Erland Svensson, Glenn F. Wilson* Psychological and Psychophysiological Models of pilot Performance for Systems Development and Mission Evaluation, *The International Journal of Aviation Psychology*. – Vol. 12. – 2002. – Issue 1. – Pp. 95–110.
22. *Miroslav Jirgl, Jan Boril, Rudolf Jalovecky*. The identification possibilities of the measured parameters of an aircraft model and pilot behavior model on the flight simulator, Conference: 2015 International Conference on Military Technologies (ICMT). May 2015.
23. *Kacer Jiri*, Modelling of the pilot behavior, Conference: 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT). May 2017.
24. *D. W. Babka*, Flight Testing in a Simulation Based Environment, San Luis Obispo, 2014.

25. *M. van der Vlugt, P. A. Wieringa*, Training aircrews to recover from human error: a proposal for a training outline, 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE Cat. No.04CH37583). 10–13 Oct. 2004. The Hague, Netherlands.

K. A. Ivanova
D. N. Levin, Ph. D.
M. V. Shkurin

*Department Aircraft Design and Certification
Moscow Aviation Institute (National Research University)*

THE MATRIX DATABASE FOR PREDICTING UNREGULATED ACTIONS OF THE FLIGHT CREW IN THE INFLIGHT ABNORMAL CIRCUMSTANCES DURING THE FLIGHT MISSION

This paper presents a design of the matrix database (MDB) as the tool for predicting the unregulated actions of the flight crew, identifying the reserve psychophysiological capabilities of the pilots in the inflight abnormal or predicted circumstances during the flight mission.

MDB means data collection of the studied objects with a certain set of characteristics, grouped according to their functional purpose into multidimensional sets, designed to diagnose the functional states of these objects within the templates of known systems and are the source or basis for creating a document with the given architecture, structure and parameters.

In this paper, the authors present a design of the matrix database and monitoring of the flight crew psychophysiological state and functional status in the inflight abnormal circumstances during the flight mission.

The MBD structure is presented, which consists of 5 main blocks:

- registration of the basic pilot data (first-order information)
- current pilot information (second-order information)
- generating lists of necessary hardware diagnostics
- generating conclusions and recommendations based on the results of research on the activities of the flight crew in a known special situation;
- general intermediate/final conclusion on predicting the behavior of the pilots in the inflight abnormal circumstances during the flight mission.

The main calculations for the analysis of the information received in the MBD are given and the main methods of psychophysiological and psycholinguistic research are listed. A list of the main characteristics for the formation of general intermediate or final conclusions on the forecast of the pilot's behavior in a known or predicted special situation, including the characteristics of reliability, time and anthropometric characteristics of pilots, is defined. The main psycholinguistic units are indicators and markers that make up a specific list that is specific to each pilot. Psychomotor reactions and the reaction of denial to events occurring during a known or predicted special situation are described.

It is shown that using the matrix database for early identification of the negative psychophysiological state of the flight crew allows psychophysiological and technological adjustment of the pilot's behavior in time and increases the efficiency of a flight mission in the condition of the inflight abnormal circumstances and an aggressive professional environment.

Matrix database, psychophysiological state, functional status, characteristics, inflight abnormal circumstances, flight crew, commercial pilot, efficiency, flight mission

DOI: 10.20295/2412-9186-2021-7-1-67- 84

References

1. Titkov O. S., Sizov P. S., Matukhnova N. S. (2017) Jevristiki cheloveka v modeljah prinjatija reshenija [Human Heuristics in the models of decision making]. *Trudy gosniias. serija: voprosy avioniki*. [Proceedings of State Research Institute of Aviation Systems. Series: avionics questions]. Moscow, State Research Institute of Aviation Systems Publ., no. 2 (31), pp. 3–26. (In Russian)
2. Bor R., Eriksen C., Oakes, M., Scragg, P. (Eds.) (2017) *Pilots mental health assessment and support: A practitioner's guide*. Oxon, Routledge Publ.
3. Koletvinov D. S., Melnikova A. A., Borzilov K. V. (2020) *Obzor nauchnyh metodov sbora i obrabotki informacii* [Review of scientific methods of information collection and processing]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], no. 3 (293), pp. 157–159. (In Russian)
4. Bubeyev Yu. A., Usov V. M., Sergeev S. F., Kryuchkov B. I., Mikhailuk M. V., Johannes B. (2019) Itogi kosmicheskogo jeksperimenta «PILOT- T» dlja modelirovaniya vzaimodejstviya v sisteme «chelovek-robot» na lunnoj poverhnosti [Results of the space experiment “PILOT-T” for modeling interaction in the system “man-robot” on the lunar surface]. *Aviakosmicheskaja i jekolo-gicheskaja medicina* [Aerospace and environmental medicine]. Moscow, Institute of Medical and Biological Problems Publ., vol. 53, no. 7, pp. 65–75. (In Russian)
5. Baumeister A. A., Kellas G. (1968) Reaction time and mental retardation. N. R. Ellis (Ed.). *International review of research in mental retardation*, vol. 3, New York, Academic Press Publ.
6. Stanton N. (1996) Engineering Psychology: Another Science of Common Sense? *The Psychologist*, no. 9 (7), pp. 300–303.
7. Chernorizov A. M., Isaychev S. A., Zinchenko Yu. P., Znamenskaya I. A., Zakharov P. N., Khakhalin A. V., Gradoboeva O. N., Galatenko V. V. (2016) Psychophysiological methods for the diagnostics of human functional states: New approaches and perspectives. *Psychology in Russia: State of the Art*, 9 (4), pp. 23–36, January.
8. Charissa Freese, Rene Schalk (1996) Implications of differences in psychological contracts for Human Resources Management. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 5 (4), pp. 501–509, December.
9. Lebedeva N. N., Karimova E. D. (2014) Akusticheskie harakteristiki rechevogo signala kak pokazatel' funkcional'nogo so-stojaniya cheloveka [Acoustic characteristics of a speech signal as an index of a human functional condition]. *Uspehi Fiziologicheskikh Nauk* [Success of Physiological Sciences]. Moscow, Russian Academy of Sciences Publ., vol. 45, no. 1, pp. 57–95. (In Russian)
10. Angelica N. (2012) Thinking and Recollecting: Psychological Memory, Personal History, and Subjectivity, Memory, History, Justice. *Memory, History, Justice in Hegel*., London, Palgrave Macmillan Publ.
11. Luis Miguel Munoz (2018) Ergonomics in the Industry 4.0: Virtual and Augmented Reality. *Journal of Ergonomics*, 08 (05), January.
12. Lomov B. F. (Ed.) (1982) *Spravochnik po inzhenernoj psihologii* [Handbook of engineering psychology]. Moscow, Mashinostroyenie [Mechanical engineering] Publ., 368 p. (in Russian)
13. Novikov V. V. (2015) *Osnovy inzhenernoj psihologii i jergonomiki* [Basics of Engineering Psychology and Ergonomics]. Textbook. Volgograd, Volgograd State technical university Publ., 144 p. (in Russian)
14. Lomov B. F. (Ed.) (1977) *Osnovy inzhenernoj psihologii* [Basics of engineering psychology] Textbook. Manual. Moscow, Higher School Publ. (in Russian)

15. Yuan Cao, Zhibo Yuan, Wentao Wu (2019) The Preliminary application of Observer XT in the Study of Crew Error. *Conference: 2019 5th International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS)*, July.
16. Smolyarov A. M. (1982) *Sistemy otobrazheniya informacii i inzhenernaya psihologiya* [Information display systems and engineering psychology]. Textbook, Moscow, Higher School Publ., 272 p. (in Russian)
17. Makarova V. V. (2017) Osobennosti professional'nogo psihologicheskogo otbora letnogo sostava grazhdan-skoj aviatsii [Peculiarities of Professional Psychological Selection of Civil Aviation Flight Personnel]. *Jekstremal'naja psihologiya: teorija i praktika* [Extreme Psychology: Theory And Practice]. Collection of scientific articles. Ed. by A. V. Kokurin, V. I. Ekimova, E. A. Orlova, Moscow, RUSINESS, Ltd Publ. (in Russian)
18. Ponomarenko V. A. (2006) Nauka o cheloveke v aviatsii XXI stoletija [Science about a man in aviation of the XXI century]. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina* [Aerospace and Ecological Medicine]. Moscow, Institute of Medical and Biological Problems of RAS Publ., vol. 40, no. 6, pp. 54–59. (in Russian)
19. Gander D. V., Alekseenko M. S. (2012) *Lichnostnyj potencial letchika: ot teorii k praktike* [Personal potential of a pilot: from theory to practice]. Moscow, Publishing House of Modern Humanitarian University Publ., 157 p.
20. Kozlov V. V. (2018) Potencial nadezhnosti pilota: komponenty i ih razvitie [Potential of pilot reliability: components and their development]. *Aktual'nye problemy psihologii truda, inzhenernoj psihologii i jergonomiki* [Actual Problems of Labor Psychology, Engineering Psychology and Ergonomics]. Ed. by A. A. Oboznov, A. L. Zhuravlev. Moscow, Institute of Psychology RAS Publ., pp. 253–290. (in Russian)
21. Erland A. I. Svensson, Glenn F. Wilson (2002) Psychological and Psychophysiological Models of pilot Performance for Systems Development and Mission Evaluation. *The International Journal of Aviation Psychology*, vol. 12, iss. 1, pp. 95–110.
22. Miroslav Jirgl, Jan Boril and Rudolf Jalovecky (2015) The identification possibilities of the measured parameters of an aircraft model and pilot behavior model on the flight simulator. *Conference: 2015 International Conference on Military Technologies (ICMT)*, May.
23. Kacer Jiri (2017) Modelling of the pilot behavior. *Conference: 2017 International Conference on Military Technologies (ICMT)*, May.
24. Babka D. W. (2014) *Flight Testing in a Simulation Based Environment*. San Luis Obispo Publ.
25. Van der Vlugt M., Wieringa P. A. (2004) Training aircrews to recover from human error: a proposal for a training outline. *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE Cat. No.04CH37583)*, 10–13 Oct., The Hague, Netherlands.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии
Д. В. Ефановым*

Поступила в редакцию 18.06.2020, принята к публикации 18.08.2020

ИВАНОВА Ксения Аркадьевна — специалист кафедры «Проектирование и сертификация авиационной техники» Московского авиационного института
e-mail: ksavlad@gmail.com

ЛЕВИН Дмитрий Николаевич — кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование и сертификация авиационной техники» Московского авиационного института
e-mail: d.n.levin@mail.ru

ШКУРИН Максим Викторович — ст. преподаватель кафедры «Проектирование и сертификация авиационной техники» Московского авиационного института
e-mail: m.shkurin@mai, maksmai33@gmail.com

© Иванова К. А., Левин Д. Н., Шкурин М. В., 2021