

Исследование моделей деформации эмоционального опыта пилота в особых ситуациях полета

Study of the deformation models of a pilot's emotional experience in abnormal in-flight circumstances

Екатерина В. Алтухова¹, Ольга В. Ариничева^{1*}, Алексей В. Малишевский¹
Ekaterina V. Altukhova¹, Olga V. Arinicheva¹, Alexey V. Malishevskii¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

¹Saint Petersburg State University of Civil Aviation, Saint Petersburg, Russian Federation

*2067535@mail.ru



Екатерина В.
Алтухова



Ольга В.
Ариничева



Алексей В.
Малишевский

Резюме. Цель. Важное и актуальное значение для решения задачи повышения безопасности полетов имеет получение данных о потенциальной экстремальной работоспособности пилота. С этой целью выполнялась проверка ряда ныне существующих моделей деформации эмоционального опыта пилота с точки зрения совпадения прогностического уровня деформации, полученного по этим моделям, с реальным уровнем деформации при особых ситуациях в полете (поскольку именно эмоциональный опыт пилота и противостоит разрушающему действию стрессового психического напряжения, возникающего в особой ситуации полета). **Методы.** В проведенном исследовании были использованы следующие методы: интервью, психологическое диагностирование, математическое моделирование, экспертные оценки. Профессиональные пилоты (10 чел.), имеющие необходимый для данного исследования опыт, давали интервью в свободной форме о своем участии в одной из особых ситуаций из личной практики, которая затем экспертно оценивалась на предмет деформации эмоционального опыта участника. По специальной шкале испытуемые оценивали опасность своей особой ситуации, а также давали оценку 18 особых ситуаций из собранной в Санкт-Петербургском государственном университете гражданской авиации базы данных по особым ситуациям в полете. У всех участников данного исследования также определялся нейротизм с помощью опросника EPI (Eysenck Personality Inventory в адаптации А. Г. Шмелева). На основе этих данных, используя модели, имеющие вид многообразия катастрофы, вычислялась прогностическая деформация эмоционального опыта и сравнивалась с ее экспертной оценкой. **Результаты.** Хотя формально одна исследуемая модель (модель А. О. Ленгарова) оказалась несколько лучше, чем другая (модель С. Г. Лобаря), но какой-либо принципиальной разницы между ними не обнаружено. Прогностические значения величины деформации эмоционального опыта слабо и незначимо ($p > 0,1$) коррелируют с экспертной оценкой. Для модели А. О. Ленгарова $r_{\text{корр}} = 0,2678$, а для модели С. Г. Лобаря $r_{\text{корр}} = 0,2199$. **Выводы.** На данный момент не существует достоверно доказанной модели деформации эмоционального опыта, требуется дальнейший сбор данных о поведении пилотов в особых ситуациях в полете, их анализ и обобщение. Данное исследование подтвердило наличие, по крайней мере, двух из 8 «флагов катастрофы», согласно теории Рене Тома. То есть гипотеза о том, что модель деформации эмоционального опыта пилота должна иметь вид многообразия «катастрофы сборки», верна. Необходима существенная доработка метода объективизации оценки опасности особых ситуаций в полете, возможно, с использованием полиномиальных аппроксимаций, а также путем расширения базы данных Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации по особым ситуациям, в первую очередь, за счет сбора ситуаций с более современными типами воздушных судов.

Abstract. Aim. An important aspect of flight safety is associated with obtaining information on the potential performance of a pilot in emergency situations. For that purpose, the authors tested a number of currently existing deformation models of a pilot's emotional experience in terms of the agreement between the predicted level of deformation obtained using such models and the actual level of deformation in abnormal in-flight circumstances (as the pilot's emotional experience is what resists the destructive action of psychological stress that occurs in abnormal in-flight circumstances). **Methods.** The conducted study used the following methods: interview, psychological diagnostics, mathematical simulation, expert evaluation. Professional pilots (10 people) who have a level of experience sufficient for this research were interviewed in free form on their personal involvement in abnormal situations that is later evaluated by experts in terms of deformation of emotional experience. Using a special scale, the test subjects evaluated the hazard of their respective abnormal situation, as well as estimated

18 abnormal in-flight situations out of the database collected by the Saint Petersburg State University of Civil Aviation. All study participants were also tested for neuroticism using the Eysenck Personality Inventory (EPI) (adapted by A.G. Shmeliov). Using that data and models in the form of disaster variety, the predicted deformation of the emotional experience was calculated and compared with the expert estimate. **Results.** While, formally, one of the examined models (A.O. Lengarov's model) proved to be somewhat superior as compared to the other one (S.G. Lobar's model), but no fundamental difference between them was identified. The predictive values of emotional experience deformation loosely and insignificantly correlate ($p > 0.1$) with the expert estimate. For A.O. Lengarov's model $r_{corr} = 0.2678$, while for S.G. Lobar's model $r_{corr} = 0.2199$. **Conclusions.** Currently, there is no proven, reliable model of emotional experience deformation. It is required to further collect, analyse and generalise data on pilot behaviour in abnormal in-flight circumstances. This study confirmed the presence of at least two out of eight "catastrophe flags" according to Ren Thom. Thus, the hypothesis that the model of a pilot's emotional experience deformation is to have the form of fold catastrophe is correct. The method of objectification of abnormal in-flight circumstance hazard evaluation is to be significantly improved, probably, with the use of polynomial approximations, as well as by expanding the abnormal circumstance database of the Saint Petersburg State University of Civil Aviation, primarily by collecting situations involving more recent types of aircraft.

Ключевые слова: эмоциональный опыт, теория катастроф, математические модели, экспертные оценки.

Keywords: emotional experience, catastrophe theory, mathematical models, expert estimates.

Для цитирования: Алтухова Е.В., Ариничева О.В., Малишевский А.В. Исследование моделей деформации эмоционального опыта пилота в особых ситуациях полета // Надежность. 2022. №2. С. 47-54. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2022-22-2-47-54>

For citation: Altukhova E.V., Arinicheva O.V., Malishevsky A.V. Study of the deformation models of a pilot's emotional experience in abnormal in-flight circumstances. Dependability 2022;2:47-54. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2022-22-2-47-54>

Поступила 25.02.2022 г. / **После доработки** 17.03.2022 г. / **К печати** 17.06.2022 г.

Received on: 25.02.2022 / **Revised on:** 17.03.2022 / **For printing:** 17.06.2022.

Введение

В настоящее время человеческий фактор – основная причина авиационных происшествий (АП) в гражданской авиации (ГА). Началом авиационного происшествия всегда бывает особая ситуация (ОС) – «ситуация, возникающая в полете в результате воздействия неблагоприятного фактора или их сочетания и приводящая к снижению безопасности полетов. По степени опасности особые ситуации подразделяют на усложнение условий полета, сложную, аварийную и катастрофическую ситуации»¹, каждая из которых характеризуется, помимо прочего, «увеличением (по нарастающей – прим. авторов) психофизиологической нагрузки на экипаж и ухудшением летных характеристик, устойчивости и управляемости воздушного судна, вплоть до превышения предельных ограничений и расчетных условий эксплуатации»². В случае возникновения ОС в полете, очень важной является проблема сохранения экипажем достаточного для успешного завершения полета уровня работоспособности.

Например, экипаж Airbus A321-211 15.08.2019, у которого при столкновении со стаей птиц отказали оба двигателя, сумел сесть на кукурузное поле, а командир

воздушного судна (КВС) Boeing 767-233 23.07.1983 сумел с двумя отказавшими двигателями, спасая самолет, выполнить на тяжелом Boeing маневр, который выполняют только планеристы. Можно вспомнить и посадку Ту-124 на Неву 21.08.1963 и Airbus 320-214 на Гудзон 15.01.2009. В обоих случаях с обоими отказавшими двигателями. Все эти и множество других случаев закончились благополучно, поскольку КВС и экипажи, помимо хорошего владения техникой, продемонстрировали выдержку, смелость и эмоциональную уравновешенность.

К сожалению, авиация знает много примеров совершенно иного рода. Достаточно вспомнить, когда экипажи Boeing 737 и в Казани 17.11.2013, и в Ростове 19.03.2016 не сумели уйти на второй круг на исправном самолете, проявив полную растерянность перед лицом опасности. На поведение пилотов во время ОС оказывает воздействие много факторов, и потеря выдержки проявляется тоже по-разному [1]. Часто это проявляется в нарушении коммуникаций в экипаже ВС [1-3], изменении речевой деятельности [4], возникновении конфликтов [5] и пр.

Еще Н. Ф. Михайлик³, на основе анализа весьма обширной статистики, доказал, что успешные дей-

¹ Зубков Б.В., Прозоров С.Е. Безопасность полетов: учебник. Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2012. 451 с.

² Там же.

³ Михайлик Н.Ф. Психологические особенности управления аварийным объектом: дис. ... канд. психол. наук. Л., 1975. 138 с.

ствия пилота в ОС зависят, в первую очередь, не от его класса, налета и тому подобного, а от числа ОС, в которых побывал пилот, то есть от его эмоционального опыта.

Эмоциональный опыт (ЭО) – это совокупность знаний, умений и навыков пилота по преодолению экстремальных ситуаций, возникающая и закрепляющаяся на фоне сильных эмоциональных переживаний сугубо важных, ответственных и опасных действий. Это некая устойчивая структура, полученная в результате синтеза множества действий в экстремальных ситуациях и сопутствующих им эмоциональных и волевых психических состояний, запечатленных в эмоциональной памяти [4]. Именно он противостоит разрушающему действию стрессового психического напряжения, которое возникает у пилота в ОС.

Н. Ф. Михайликом было введено понятие деформации эмоционального опыта (ДЭО) в процессе ОС. Причем было выявлено, что она происходит не непрерывно, а дискретно – «по слоям», поскольку ЭО, как и его материальный субстрат, представляет собой многоуровневую иерархическую структуру, в данном случае состоящую из 5 страт: опыта взаимодействия, познавательного, волевого, моторного и биологического опытов. Было замечено, что последовательность разрушения этих страт в процессе ОС у пилотов различна. У одних оно шло последовательно – «одна за одной». У других же происходил «скачок» (см. рис. 1), то есть разрушение сразу ряда страт практически одновременно. Естественно, возник вопрос, с помощью какого математического аппарата можно описать, а, следовательно, и предвидеть возникновение в психике пилота подобного процесса.

В работе [6] Н. Ф. Михайлик выдвинул гипотезу о том, что процесс ДЭО может быть описан с помощью теории катастроф Рене Тома [7]. В дальнейшем ряд исследователей (Р. М. Джафарзаде, А. О. Ленгаров, С. Г. Лобарь) пытались подтвердить данную гипотезу, создав модели ДЭО пилота в ОС в виде некоего многообразия катастрофы [7] (применительно к диспетчерам управления воздушным движением данный вопрос был рассмотрен в работе [8]).

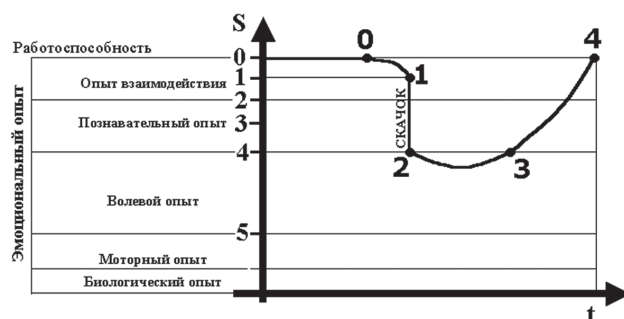


Рис. 1. Особая ситуация, описанная под номером 41 в базе, собранной в Санкт-Петербургском государственном университете гражданской авиации. Схематично представлен порядок деформации эмоционального опыта КВС в процессе развития этой ситуации

Задачей настоящего исследования была проверка разработанных А. О. Ленгаровым и С. Г. Лобарем моделей ДЭО с точки зрения совпадения прогностического уровня ДЭО, определенного по данным моделям, с реальными ситуациями в полете. Получение подобных данных о потенциальной экстремальной работоспособности пилота имеет важное и актуальное значение для решения задачи повышения безопасности полетов.

Материал и методы

В эксперименте, проведенном в ноябре 2020 – феврале 2021 приняло участие десять пилотов различных авиакомпаний. Небольшое количество участников обуславливалось высокой трудоемкостью проводимых с каждым из них исследований и необходимостью первоначальной отработки методики и планирования дальнейших экспериментов по оценке экстремальной работоспособности пилотов.

Критерием включения было наличие опыта полетов не менее 5 лет на ВС вида самолет (вертолет имеет существенно отличную от самолета специфику его эксплуатации) и достаточное знакомство с особенностями эксплуатации тех типов самолетов, ОС с которыми были описаны в базе данных по особым ситуациям, собранным в Санкт-Петербургском государственном университете гражданской авиации (СПбГУ ГА).

Критерием исключения было отсутствие в опыте работы участника достаточно значимых ОС, либо же невозможность оценить на основе интервью с данным участником степень его ДЭО в данной ОС (удаленность данной ОС по времени от момента интервьюирования, неумение участника точно вспомнить и выразить свое эмоциональное состояние и т. п.).

Исследование проводилось в соответствии с основными правилами биоэтики¹ на добровольной основе.

Работа с участниками проводилась в три этапа. На первом этапе, в ходе интервью, участник в свободной форме излагал случившуюся с ним в ходе полетов ОС. Пример подобного изложения приводится ниже с сохранением авторской терминологии.

«Прошло года три после первого самостоятельного полета в качестве КВС на Ту-134. Налет приближался к 2000 часам. Времена девяностых годов, когда советские правила полетов на «нероссийские» экипажи уже не распространялись, а «своих» еще не создали. Рейсы из Гюмри в Москву и обратно выполнялись в зависимости от цены на керосин в аэропортах, находящихся в радиусе час, максимум полтора от Гюмри. На обратном пути надо было заправиться керосином полностью, чтобы хватило на полет из Гюмри в один из этих аэропортов. Наша молодая авиакомпания находилась на полной самокупаемости, поэтому коммерческая загрузка на максимальный взлетный вес не влияла. Рейс из Москвы

¹ Bioethics / Internet Encyclopedia of Philosophy. URL: <https://www.iep.utm.edu/bioethic/>

в Гюмри в этот раз выполнялся через Ставрополь. После посадки посыпал снежок, сначала слабенький. Но процедуры оплаты аэропортовых услуг растянулись часа на два. И за эти два часа снег усилился до ливневого. Наконец-то все оплачено, можно лететь. И тут новость! Руководитель полетов поставил нам условие: или через двадцать минут взлетаете или аэродром закрывается на очистку ВПП (взлетно-посадочная полоса – *прим. авторов*) на неопределенное время. За это время успели сдуть с крыльев снег ТОМом (тепловая обдувочная машина – *прим. авторов*), запуститься и вырुлить на старт. Длина полосы в Ставрополе была тогда стандартной для СССР, 2500 метров. Взлетный вес больше максимального «всего лишь» на три тонны. Начинаем разбег. Снег на ВПП, толщиной сантиметров десять, сначала на темп роста скорости не влиял. Но вот половина полосы позади, а скорость чуть более ста десяти. И тут появилось ощущение, что какая-то невидимая сила держит самолет за «хвост». Плотный мокрый снег стал той невидимой силой. Что делать? Прекращать взлет явно уже поздно, можно довыпустить закрылки на больший угол, но это надо планировать заранее и обговаривать с экипажем. Продолжаем взлет. Мозг осознал опасность и перешел в режим работы, доставшийся нам от древних предков: как кошка рассчитывает траекторию прыжка на шкаф, так и мы соизмеряли оставшиеся метры ВПП с темпом роста скорости. Все совпало: отрываемся, как говорят, с последней плиты. Уф!!! Повезло на этот раз! Наверное, это было самое впечатляющее напоминание, что летные законы выше любых коммерческих».

В ходе интервью задавались вопросы, позволяющие уточнить степень ДЭО (S) и оценить ее по предложенной Н. Ф. Михайликом [6] шкале:

1. $S = 0$ – деформация эмоционального опыта отсутствует.

2. $S = 1$ – преддеформационное состояние, изменение спектральных и темпоральных характеристик речи пилота, т. е. повышение интонации, крик, вибрация голоса. Неполное восприятие информации, но пилот воспринимает, «видит» других членов экипажа и контролирует их действия.

3. $S = 2$ – взаимодействие между участниками ОС отсутствует. Команды если и подаются, то без сохранения «следов» в памяти, либо не подаются вовсе. Текст информации от других участников ОС воспринимается плохо или не воспринимается вообще, но при этом познавательный уровень ЭО не деформирован.

4. $S = 3$ – частичная деформация познавательного уровня ЭО, явные затруднения с принятием решений, приоритетные направления деятельности участника реализуются не полностью, контроль за выполнением приоритетных действий частично переходит в область бессознательного.

5. $S = 4$ – преодоление опасности на волевом уровне. На этом уровне пилот не знает и (или) не умеет локализовать опасность, но управление ВС не бросает, продолжая полет.

6. $S = 5$ – преодоление опасности на моторном уровне. При состоянии $S = 5$ опасность отображается принципиально неадекватно, оценить степень опасности участнику ОС трудно или даже невозможно.

Шкала достаточно «грубая», что позволяет в какой-то степени сгладить субъективизм экспертных оценок ДЭО. Даже в приведенном примере, достаточно ярком и хорошо описанном, выбор степени ДЭО достаточно сложен. Очевидно, что S не может быть менее 2, поскольку коммуникация в экипаже, очевидно, нарушена. КВС явно выполняет взлет сам, «не видя» других членов своего экипажа. Однако экспертная оценка все же здесь склонилась к $S = 3$, поскольку управление ВС шло уже явно на уровне динамических стереотипов, а не на полностью осознанном уровне.

На втором этапе участники были протестированы с помощью опросника EPI (Eysenck Personality Inventory в адаптации А. Г. Шмелева)¹ для определения темперамента. При этом определялись экстраверсия (E) и нейротизм (n). В данном же исследовании были использованы только сведения о нейротизме участников.

На третьем этапе участники должны были оценить опасность 18 особых ситуаций, использовавшихся в диссертационных работах Р. М. Джафарзаде², А. О. Ленгарова³ и С. Г. Лобаря⁴. ОС были выбраны с учетом достаточных для объективной оценки ОС знаний по эксплуатации данного типа ВС всеми участниками эксперимента. Кроме того, каждый из участников давал субъективную оценку опасности (ϕ_s) своей собственной ситуации. Оценка всех ОС (и своей, и из базы данных) производилась по шкале от 0 до 1, где $\phi_s = 0$ соответствует полному отсутствию опасности, а $\phi_s = 1$ – катастрофической ситуации, когда от участника ОС уже ничего не зависит.

Ранее А. В. Малишевским была создана методика, вошедшая в качестве одной из составляющих в ряд патентов, в первую очередь [9], и использующая в качестве исходных данных врожденную эмоциональную устойчивость пилота, определяемую его нейротизмом, и величину, характеризующую адекватность оценки опасности этим пилотом. В данной методике использовалась специальная процедура объективизации субъективных оценок пилотами опасности тех особых ситуаций в полете, участниками которых они были. Если обозначить как ϕ_{Si} и ϕ_{Oi} – соответственно, субъективную (то есть определенную самим пилотом) и объективную (определенную группой экспертов) оценки опасности некоторой i -й ОС и иметь для испытываемого значения величин

¹ Карелин А.А. Большая энциклопедия психологических тестов. М.: Эксмо, 2007. 416 с.

² Джафарзаде Р.М. Научные основы эксплуатации воздушных судов в экстремальных условиях: дис. ... д-ра техн. наук. Баку, 2005. 295 с.

³ Ленгаров А.О. Оценка работоспособности члена экипажа воздушного судна в особых ситуациях: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 1998. 159 с.

⁴ Лобарь С.Г. Совершенствование методов профессиональной подготовки членов экипажа воздушного судна к действиям в особых ситуациях полета: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2002. 216 с.

$\{\varphi_{Si}, \varphi_{Oi}\}_{i=1}^N$ для набора N ОС из некоторого банка данных, то можно по методу наименьших квадратов [10] построить уравнение линейной регрессии

$$\varphi_{NARA} = a\varphi_S + b, \quad (1)$$

где:

$$a = \frac{N \left(\sum_{i=1}^N (\varphi_{Si} \varphi_{Oi}) \right) - \left(\sum_{i=1}^N \varphi_{Si} \right) \left(\sum_{i=1}^N \varphi_{Oi} \right)}{N \left(\sum_{i=1}^N \varphi_{Si}^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^N \varphi_{Si} \right)^2},$$

$$b = \frac{\left(\sum_{i=1}^N \varphi_{Oi} \right) \left(\sum_{i=1}^N \varphi_{Si}^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^N \varphi_{Si} \right) \left(\sum_{i=1}^N (\varphi_{Si} \varphi_{Oi}) \right)}{N \left(\sum_{i=1}^N \varphi_{Si}^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^N \varphi_{Si} \right)^2}.$$

Эта зависимость, как правило, отличается от идеальной $\varphi_{NARA} = \varphi_S$ и показывает, насколько пилот склонен завышать или занижать опасность ОС. Величина φ_{NARA} получила название условно-объективной оценки опасности, и в нашем эксперименте определялась из выражения (1) для φ_S – субъективной оценки опасности пилотом его собственной ситуации, а параметры a и b вычислялись по его оценкам опасности 18 ситуаций из базы особых ситуаций, собранной в СПбГУ ГА и экспертных оценок опасности этих ситуаций.

Далее, используя модели ДЭО пилота в виде многообразия катастрофы вида «сборка Уитни» [7], разработанных А. О. Ленгаровым и С. Г. Лобарем, нами производился расчет (см. табл. 1) прогнозируемой по этим моделям величины ДЭО (по шкале S) из выражения:

$$S_j = \frac{z_j}{\vartheta_z} + S_0, \quad (2)$$

где:

$$z_1 = \alpha + \beta, \quad z_2 = -\frac{\alpha + \beta}{2} + i \frac{\alpha - \beta}{2} \sqrt{3},$$

$$z_3 = -\frac{\alpha + \beta}{2} - i \frac{\alpha - \beta}{2} \sqrt{3},$$

$$\alpha = \sqrt[3]{-\frac{y}{2} + \sqrt{Q}}, \quad \beta = \sqrt[3]{-\frac{y}{2} - \sqrt{Q}}, \quad Q = \left(\frac{x}{3}\right)^3 + \left(\frac{y}{2}\right)^2,$$

$$x = \vartheta_{xa} (\varphi_{NARA} - \varphi_0) + \vartheta_{ya} (n - n_0),$$

$$y = \vartheta_{xb} (\varphi_{NARA} - \varphi_0) + \vartheta_{yb} (n - n_0),$$

φ_0, n_0, S_0 – координаты начала системы координат $хуз$ в прямоугольной системе координат φ, n, S , $\vartheta_{xa}, \vartheta_{ya}, \vartheta_{xb}, \vartheta_{yb}$ – коэффициенты, изменяющие масштаб по соответствующим осям и разворачивающие эти оси относительно осей исходной системы координат.

Для расчета прогностической величины деформации эмоционального опыта (S) был разработан специальный скрипт для программы MATLAB R2021b v9.11¹.

Результаты и обсуждение

Опуская промежуточные результаты, приведем результаты расчета прогностической величины деформации эмоционального опыта по моделям А. О. Ленгарова и С. Г. Лобаря и сравнения их с экспертной оценкой ДЭО в виде сводной таблицы (см. табл. 2). В табл. 2 значение Δ_S это разность между экспертной оценкой деформации ЭО (S_{Expert}) и прогностической оценкой ДЭО (S) по каждой из моделей.

¹ MathWorks MATLAB R2021b v9.11 русская версия с ключом.
URL: <https://1progs.ru/matlab/>

Табл. 1. Параметры линейного преобразования для различных математических моделей процесса деформации эмоционального опыта (N_{OC} – количество особых ситуаций, использованное при разработке модели)

	N_{OC}	ϑ_{xa}	ϑ_{ya}	ϑ_{xb}	ϑ_{yb}	ϑ_z	φ_0	n_0	S_0
Модель А. О. Ленгарова	40	0,6179	-0,1428	-4,2057	-0,103	0,5704	2,5105	0,625	9
Модель С. Г. Лобаря	58	-3,5467	-0,1876	3,5046	-0,0152	-0,5632	1,5750	0,51	4,04

Табл. 2. Результаты расчета прогностической величины деформации эмоционального опыта и сравнения их с ее экспертной оценкой

Пилот	n	φ_S	φ_{NARA}	S_{Expert}	Модель А. О. Ленгарова		Модель С. Г. Лобаря	
					S	Δ_S	S	Δ_S
1	4	0,7	0,4629	3	0,99	2,01	0,79	2,21
2	8	0,6	0,5008	1	1,06	0,06	1,81	0,81
3	9	0,5	0,3725	0	0,63	0,63	-0,20	0,20
4	8	0,9	0,5093	0	1,09	1,09	-0,02	0,02
5	9	0,5	0,4590	1	0,89	0,11	-0,20	1,20
6	14	0,7	0,5825	2	4,32	2,32	1,49	0,51
7	8	0,6	0,4068	2	0,75	1,25	-0,05	2,05
8	12	0,5	0,3990	1	0,62	0,38	-0,61	1,61
9	9	0,5	0,4595	2	0,89	1,11	-0,20	2,20
10	8	0,5	0,5170	1	1,12	0,12	1,66	0,66
						$\Sigma = 9,08$		$\Sigma = 11,47$

Настоящее исследование, имевшее целью сравнение различных моделей ДЭО, показало необходимость существенной доработки практически всех использовавшихся методик [4, 9].

Из табл. 2 видно, что хотя формально модель, разработанная А. О. Ленгаровым несколько лучше, чем модель, разработанная С. Г. Лобарем (к сожалению, из-за недостатка ряда данных не удалось сравнить их с моделью, разработанной Р. М. Джафарзаде), но какой-то принципиальной разницы между ними все же нет. Прогностические значения величины ДЭО (S) слабо и незначимо ($p > 0,1$) коррелируют с экспертной оценкой ДЭО (S_{Expert}). Для модели А. О. Ленгарова $r_{корр} = 0,2678$, а для модели С. Г. Лобаря $r_{корр} = 0,2199$. (Между собой величины ДЭО по этим моделям коррелируют сильнее $r_{корр} = 0,5088$, но даже до тенденции достоверной связи ($p \leq 0,1$) эта корреляция не дотягивает). Следует еще отметить, что если при решении уравнения (2) в модели А. О. Ленгарова получался только один действительный положительный корень, то в модели С. Г. Лобаря практически везде получались отрицательные значения S , что теории, в общем-то, несколько противоречит, ибо отрицательная S не имеет физического смысла.

Еще один неоднозначный момент связан с методикой объективизации субъективных оценок опасности ОС [9]. Как видно из табл. 3, практически все испытуемые завышали субъективную (то есть соответствующую их мнению) степень опасности ОС (ϕ_s) из базы данных СПбГУ ГА, по сравнению с объективной (экспертной) оценкой этой опасности (ϕ_o), на основе которой и разрабатывались все вышеупомянутые модели. В итоге, как видно из табл. 2, их субъективная оценка собственной ситуации (ϕ_s) при расчете условно объективной оценки ее опасности (ϕ_{NARA}) из выражения (1) занижалась.

В соответствии с [9] $\phi = 0,5$ соответствовала сложной, а $\phi = 0,7$ – аварийной ситуации. При этом сложная ситуация характеризуется: заметным повышением психофизиологической нагрузки на экипаж, или заметным ухудшением характеристик устойчивости и управляемости или летных характеристик, или выходом одного или нескольких параметров полета за эксплуатационные ограничения, но без достижения предельных ограничений и (или) расчетных условий. Аварийная ситуация характеризуется: значительным повышением психофизиологической нагрузки на экипаж, или значительным ухудшением характеристик устойчивости и управляемости или летных характеристик, или приводящая к достижению (превышению) предельных ограничений и (или) расчетных условий. В приведенном примере описания ОС (в табл. 2 и табл. 3 это пилот 1) имеются все три признака аварийной ситуации, то есть его собственная оценка $\phi_s = 0,7$ явно ближе к истине, нежели условно объективная $\phi_{NARA} = 0,4629$. Если пересчитать прогностические значения ДЭО (S) по значению $\phi_{NARA} = \phi_s = 0,7$, то по модели А. О. Ленгарова получится $S = 5,1241$, то есть отклонение от экспертной оценки $S_{Expert} = 3$ будет $\Delta_s = -2,1241$, практически такое же, но в другую сторону, и еще менее похожее на реальное значение ДЭО. А вот по модели С. Г. Лобаря $S = 2,3750$, что уже достаточно близко к экспертному значению ($\Delta_s = 0,625$). Еще один фактор, возможно оказавший влияние на недостатки в методике объективизации оценок, – это то, что в качестве аппроксимации была выбрана линейная регрессия, поскольку расчеты по методу наименьших квадратов [10] для нелинейных аппроксимаций были слишком сложны для условий середины 90-х годов. Вероятно, ныне необходимо исследовать возможность перехода к полиномиальным аппроксимациям. Ну и наконец,

Табл. 3. Субъективные (ϕ_s) и объективные (ϕ_o) оценки особых ситуаций из базы, собранной в СПбГУ ГА

ОС	Пилот ϕ_o	ϕ_s									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,6	0,7	0,1	0,3	0,5	0,3	0,2	0,5	0,6	0,2	0,3
2	0,85	0,9	0,5	0,5	1,0	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7
3	0,15	0,7	0,2	0,5	0,9	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5	0,2
4	0,1	0,5	0,2	0,6	0,3	0,4	0,2	0,7	0,2	0,5	0,2
12	0,47	0,4	0,3	0,9	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7	0,2	0,2
13	0,5	0,8	0,3	1,0	1,0	0,4	0,5	0,7	0,4	0,3	0,3
14	0,375	0,9	0,7	0,8	1,0	0,5	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8
18	0,4	1,0	0,6	1,0	0,9	0,6	0,5	0,7	0,8	0,5	0,5
19	0,1	0,8	0,4	0,3	0,5	0,6	0,3	0,6	0,5	0,4	0,3
20	0,625	0,3	0,3	1,0	0,4	0,8	0,5	0,7	0,8	0,3	0,4
21	0,2	0,7	0,5	0,8	0,8	0,3	0,3	0,5	0,6	0,2	0,2
23	0,625	0,9	0,3	1,0	0,9	0,5	0,5	0,6	1,0	0,4	0,6
24	0,625	0,6	0,5	1,0	1,0	0,5	0,7	0,7	0,9	0,5	0,6
25	0,44	1,0	0,3	1,0	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,2	0,5
26	0,625	1,0	0,3	0,9	0,9	0,5	0,6	0,6	0,8	0,4	0,6
29	1,0	0,6	0,4	1,0	0,9	0,6	0,7	0,8	0,6	0,4	0,7
30	0,45	0,3	0,2	1,0	0,5	0,5	0,4	0,6	0,3	0,2	0,3
31	0,2	0,8	0,3	1,0	0,9	0,5	0,6	0,7	0,4	0,6	0,4

возможно, что малое число испытуемых не позволило выявить более существенные закономерности.

Выводы

Создание адекватных реальности моделей ДЭО пилота в ОС является важной и актуальной проблемой в деле дальнейшего обеспечения безопасности полетов ГА.

Данное исследование подтвердило показанное в работах [6, 9] наличие, по крайней мере, двух из 8 «флагов катастрофы» [7]: катастрофических скачков и зоны недоступности (рис. 2). То есть изначальная гипотеза Н.Ф. Михайлика [6] о том, что модель ДЭО пилота должна иметь вид многообразия катастрофы сборки [7] по полученным нами данным, так же, как и по данным из работ Р.М. Джафарзаде¹, А.О. Ленгарова² и С.Г. Лобаря³, вполне верна.

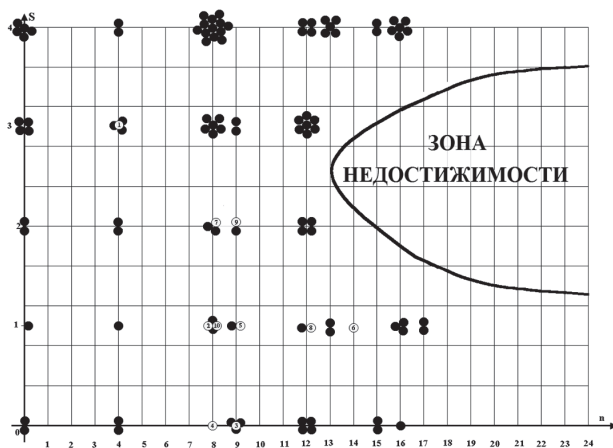


Рис. 2. Проекция многообразия катастрофы на плоскость «состояние ДЭО – нейротизм» (без номеров показаны координаты 97 ОС, использованных в модели Р.М. Джафарзаде)

Необходима существенная доработка методики объективизации оценки опасности ОС, возможно, с использованием полиномиальных аппроксимаций, а также путем расширения базы данных СПбГУ ГА по ОС в полете, в первую очередь, за счет сбора ситуаций с более современными типами воздушных судов.

На данный момент не существует достоверно доказанной модели ДЭО, требуется дальнейший сбор данных о поведении пилотов в ОС, их анализ и обобщение.

Библиографический список

1. Артемов А.Д., Лысаков Н.Д., Лысакова Е.Н. Человеческий фактор в эксплуатации авиационной техники:

¹ Джафарзаде Р.М. Научные основы эксплуатации воздушных судов в экстремальных условиях: дис. ... д-ра техн. наук. Баку, 2005. 295 с.

² Ленгаров А.О. Оценка работоспособности члена экипажа воздушного судна в особых ситуациях: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 1998. 159 с.

³ Лобарь С.Г. Совершенствование методов профессиональной подготовки членов экипажа воздушного судна к действиям в особых ситуациях полета: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2002. 216 с.

монография. М.: Московский авиационный институт (национальный университет), 2018. 156 с.

2. Бирюков А.А. Особенности повышения квалификации пилотов в области формирования готовности к действиям в чрезвычайной ситуации // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 5. С. 55-65. DOI: 10.17513/spno.29248

3. Бирюков А.А. Опыт-экспериментальная работа по формированию готовности пилотов гражданской авиации к действиям в чрезвычайной ситуации // Евразийский Союз Ученых. 2020. Т. 1. № 2 (71). С. 18-26. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.1.71.581

4. Лейченко С.Д., Малишевский А.В., Михайлик Н.Ф. Человеческий фактор в авиации. В 2 т. Т. 2. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации; Кировоград: Государственная летная академия Украины, 2006. 512 с.

5. Arinicheva O.V., Lebedeva N.A., Malishevskii A.V. Intellectual functioning in students and conflict management strategies // Revista Espacios. 2019. Vol. 40. № 44. P. 29. URL: <http://www.revistaespacios.com/a19v40n44/19404429.html>

6. Михайлик Н.Ф., Цитцер В.А. Исследования возможности использования теории катастроф для оценки работоспособности пилота в особой ситуации // Оптимизация летной эксплуатации и профессиональной подготовки летного состава. Психофизиологические проблемы профессиональной работоспособности специалистов гражданской авиации: сб. науч. тр. Академии гражданской авиации. СПб., 1994. С. 98-106.

7. Gilmore R. Catastrophe theory for scientists and engineers. Toronto, Canada, General Publishing Company Ltd, 1993. 666 p.

8. Arinicheva O., Dalinger Ya., Malishevskii A., et al. Objectification of subjective estimation of abnormal cases danger in air traffic control // Transport Problems. 2018. Vol. 13. Issue 1. Pp. 5-18. DOI: 10.21307/trp.2018.13.1.1

9. Способ оценки работоспособности членов экипажа воздушного судна: пат. 2128006 Российская Федерация, МПК7 А 61 В 5/16 / Михайлик Н. Ф. (RU), Джафарзаде Р.М. (AZ), Малишевский А.В. (RU) – 97114639/14; заявл. 26.08.97; опубл. 27.03.99, Бюл. № 9. С. 274.

10. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. Л.: Физматгиз, 1962. 352 с.

References

1. Artiymov A.D., Lysakov N.D., Lysakova E.N. [Human factor in the operation of aviation equipment: a monograph]. Moscow; 2018. (in Russ.)

2. Biryukov A.A. Pilots' recurrent training in the field of readiness to act in emergency situations specifics. *Modern problems of science and education* 2019;5:55-65. (in Russ.)

3. Biryukov A.A. [Experimental work aimed at developing commercial pilots' preparedness to acting in emergency

situations]. *Eurasian Union of Scientists* 2020;2(71):18-26. DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.1.71.581. (in Russ.)

4. Leychenko S.D., Malishevsky A.V., Mikhaylik N.F. [The human factor in aviation. In 2 volumes. Volume 2]. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Civil Aviation; Kirovograd: State Flight Academy of Ukraine; 2006. (in Russ.)

5. Arinicheva O.V., Lebedeva N.A., Malishevskii A.V. Intellectual functioning in students and conflict management strategies. *Revista Espacios* 2019;40(44):29. Available at: <http://www.revistaespacios.com/a19v40n44/19404429.html>.

6. Mikhailik N.F., Tsitser V.A. [Research of the opportunities of using the catastrophe theory for evaluating a pilot's condition in a special situation]. In: [Optimization of flight operations and professional training of flight personnel. Psychophysiological aspects of professional performance of civil aviation personnel: proceedings of the Academy of Civil Aviation]. Saint Petersburg; 1994. P. 98-106. (in Russ.)

7. Gilmore R. Catastrophe theory for scientists and engineers. Toronto (Canada): General Publishing Company Ltd; 1993.

8. Arinicheva O., Dalinger Ya., Malishevskii A. et al. Objectification of subjective estimation of abnormal cases danger in air traffic control. *Transport Problems* 2018;13(1):5-18. DOI: 10.21307/tp.2018.13.1.1.

9. [Method of assessing the performance of aircraft crew members]: Patent 2128006 Russian Federation, MPK 7 A 61 V 5/16/Mikhailik N.F. (RU), Jafarzade R.M. (AZ), Malishevsky A.V. (RU) – 97114639/14; application 26.08.97; published on 27.03.99, Bul. no 9. P. 274. (in Russ.)

10. Linnik Yu.V. [Least square method and foundations of the mathematical and statistical theory of observation processing]. Leningrad: Fizmatlit; 1962. (in Russ.)

Сведения об авторах

Алтухова Екатерина Владимировна – магистрант ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации». Адрес: ул. Пилотов, д. 38, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196210. E-mail: katerina1798@inbox.ru

Ариничева Ольга Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Летная эксплуатация и безопасность полетов в гражданской авиации» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации». Адрес: ул. Пилотов, д. 38, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196210. E-mail: 2067535@mail.ru

Малишевский Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Летная эксплуатация и безопасность полетов в гражданской авиации» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации». Адрес: ул. Пилотов, д. 38, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 196210. E-mail: 9909395@bk.ru

About the authors

Ekaterina V. Altukhova, Master's Degree Student, Saint Petersburg State University of Civil Aviation. Address: 38 Pilotov St., 196210, Saint Petersburg, Russian Federation. E-mail: katerina1798@inbox.ru.

Olga V. Arinicheva, Candidate of Engineering, Senior Lecturer in Flight Operation and Safety in Civilian Aviation, Saint Petersburg State University of Civil Aviation. Address: 38 Pilotov St., 196210, Saint Petersburg, Russian Federation. E-mail: 2067535@mail.ru.

Alexey V. Malishevskii, Candidate of Engineering, Senior Lecturer in Flight Operation and Safety in Civilian Aviation, Saint Petersburg State University of Civil Aviation. Address: 38 Pilotov St., 196210, Saint Petersburg, Russian Federation. E-mail: 9909395@bk.ru.

Вклад авторов в статью

Алтухова Е.В. Сбор фактического материала, первичная обработка данных.

Ариничева О.В. Обзор и анализ существующего состояния рассматриваемой проблемы, теоретическая составляющая работы.

Малишевский А.В. Организация исследования, теоретическая составляющая работы, обработка полученных результатов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность А. В. Тильте за помощь в первичной обработке фактического материала, а также всем пилотам участникам эксперимента за уделенное время и ответственное отношение к проводимому исследованию.